IEC 60137

Edition 6.0 2008-07

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Insulated bushings for alternating voltages above 1 000 V

Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1 000 V



IEC 60137:2008

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2008 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.
If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.
Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembé
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub
The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,…). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.
- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub
Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.
- Electropedia: www.electropedia.org
The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.
- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv
If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:
Email: csc@iec.ch
Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm
Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,…). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.
- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub
Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.
- Electropedia: www.electropedia.org
Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.
- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm
Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:
Email: csc@iec.ch
Tél.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

IEC 60137

Edition 6.0 2008-07

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Insulated bushings for alternating voltages above 1 000 V

Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1 000 V

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX XA

ICS 29.080.20

ISBN 2-8318-9916-8

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
® Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale
Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

CONTENTS

FOREWORD 6
INTRODUCTION 8
1 Scope 9
2 Normative references 9
3 Terms and definitions 10
4 Ratings 16
4.1 Standard values of highest voltage for equipment (U_m) 16
4.2 Standard values of rated current (I_r) 16
4.3 Standard values of rated thermal short-time current (I_{th}) 16
4.4 Standard values of rated dynamic current (I_d) 17
4.5 Minimum withstand values of cantilever load 17
4.6 Angle of mounting 18
4.7 Minimum nominal creepage distance 18
4.8 Temperature limits and temperature rise 18
4.9 Standard insulation levels 20
4.10 Test tap on transformer bushings 22
5 Operating conditions 22
5.1 Temporary overvoltages 22
5.2 Altitude 22
5.3 Temperature of ambient air and immersion media 23
5.4 Seismic conditions 24
6 Ordering information and markings 24
6.1 Enumeration of characteristics 24
6.1.1 Application 24
6.1.2 Classification of bushings 24
6.1.3 Ratings 24
6.1.4 Operating conditions 24
6.1.5 Design 25
6.2 Markings 26
7 Test requirements 27
7.1 General requirements 27
7.2 Test classification 27
7.2.1 Type tests 28
7.2.2 Routine tests 29
7.2.3 Special tests 29
7.3 Condition of bushings during dielectric and thermal tests 29
8 Type tests 31
8.1 Dry or wet power-frequency voltage withstand test 31
8.1.1 Applicability 31
8.1.2 Test method and requirements 31
8.1.3 Acceptance 31
8.2 Long duration power-frequency voltage withstand test (ACLD) 32
8.2.1 Applicability 32
8.2.2 Test method and requirements 32
8.2.3 Acceptance 32
8.3 Dry lightning impulse voltage withstand test (BIL) 33

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

8.3.1 Applicability 33
8.3.2 Test method and requirements 33
8.3.3 Acceptance 33
8.4 Dry or wet switching impulse voltage withstand test (SIL) 34
8.4.1 Applicability 34
8.4.2 Test method and requirements 34
8.4.3 Acceptance 34
8.5 Thermal stability test 35
8.5.1 Applicability 35
8.5.2 Test method and requirements 35
8.5.3 Acceptance 36
8.6 Electromagnetic compatibility tests (EMC) 36
8.6.1 Emission test 36
8.6.2 Immunity test 37
8.7 Temperature rise test 37
8.7.1 Applicability 37
8.7.2 Test method and requirements 37
8.7.3 Acceptance 39
8.8 Verification of thermal short-time current withstand 39
8.8.1 Applicability 39
8.8.2 Verification method and requirements 39
8.8.3 Acceptance 40
8.9 Cantilever load withstand test 41
8.9.1 Applicability 41
8.9.2 Test method and requirements 41
8.9.3 Acceptance 41
8.10 Tightness test on liquid-filled, compound-filled and liquid-insulated bushings 41
8.10.1 Applicability 41
8.10.2 Test method and requirements 42
8.10.3 Acceptance 42
8.11 Internal pressure test on gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings 42
8.11.1 Applicability 42
8.11.2 Test method and requirements 42
8.11.3 Acceptance 42
8.12 External pressure test on partly or completely gas-immersed bushings 42
8.12.1 Applicability 42
8.12.2 Test method and requirements 42
8.12.3 Acceptance 43
8.13 Verification of dimensions 43
8.13.1 Applicability 43
8.13.2 Acceptance 43
9 Routine tests 43
9.1 Measurement of dielectric dissipation factor (tan δ) and capacitance at ambient temperature 43
9.1.1 Applicability 43
9.1.2 Test method and requirements 43
9.1.3 Acceptance 43
9.2 Dry lightning impulse voltage withstand test (BIL) 44

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

9.2.1 Applicability 44
9.2.2 Test method and requirements 44
9.2.3 Acceptance 44
9.3 Dry power-frequency voltage withstand test 44
9.3.1 Applicability 44
9.3.2 Test method and requirements 45
9.3.3 Acceptance 45
9.4 Measurement of partial discharge quantity 45
9.4.1 Applicability 45
9.4.2 Test method and requirements 45
9.4.3 Acceptance 45
9.5 Tests of tap insulation 46
9.5.1 Applicability and test requirements 46
9.5.2 Acceptance 46
9.6 Internal pressure test on gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings 46
9.6.1 Applicability 46
9.6.2 Test method and requirements 47
9.6.3 Acceptance 47
9.7 Tightness test on liquid-filled, compound-filled and liquid-insulated bushings 47
9.7.1 Applicability 47
9.7.2 Test method and requirements 47
9.7.3 Acceptance 47
9.8 Tightness test on gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings 47
9.8.1 Applicability 47
9.8.2 Test method and requirements 47
9.8.3 Acceptance 48
9.9 Tightness test at the flange or other fixing device 48
9.9.1 Applicability 48
9.9.2 Test method and requirements 48
9.9.3 Acceptance 48
9.10 Visual inspection and dimensional check 49
9.10.1 Applicability 49
9.10.2 Acceptance 49
10 Requirements and tests for bushings of highest voltages for equipment equal to or less than 52 kV made of ceramic, glass or inorganic materials, resin or combined insulation 49
10.1 Temperature requirements 49
10.2 Level of immersion medium 49
10.3 Markings 49
10.4 Test requirements 50
10.4.1 Type tests 50
10.4.2 Routine tests 50
11 Recommendations for transport, storage, erection, operation and maintenance 51
11.1 Conditions during transport, storage and installation 51
11.2 Installation 51
11.3 Unpacking and lifting 51
11.4 Assembly 52
11.4.1 Mounting 52

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

11.4.2 Connections 52
11.4.3 Final installation inspection 52
11.5 Operation 53
11.6 Maintenance 53
11.6.1 General 53
11.6.2 Recommendation for the manufacturer 53
11.6.3 Recommendations for the user 53
11.6.4 Failure report 54
12 Safety 55
12.1 Electrical aspects 55
12.2 Mechanical aspects 55
12.3 Thermal aspects 55
13 Environmental aspects 55
Bibliography 57

Figure 1 – Altitude correction factor 23
Figure 2 – Marking plate for bushings for highest voltage for equipment greater than 100 kV (see 6.2) 26
Figure 3 – Marking plate for bushings for highest voltage for equipment equal to or less than 100 kV, except for bushings for which Figure 2 is applicable (see 6.2) 27
Figure 4 – Marking plate for bushings for highest voltage for equipment equal to or less than 52 kV made of ceramic, glass or inorganic materials, resin or combined insulation (see 10.3) 27
Figure 5 – Voltage profile for long duration test ACLD 32

Table 1 – Minimum values of cantilever withstand load (see 4.5 and 8.9) 17
Table 2 – Maximum values of temperature and temperature rise above ambient air (see 4.8) 19
Table 3 – Temperature of ambient air and immersion media (see 5.3) 20
Table 4 – Insulation levels for highest voltage for equipment (see 4.9, 8.1, 8.3, 8.4, 9.2 and 9.3) 21
Table 5 – Applicability of type tests (see 7.2.1, excluding bushings according to Clause 10) 28
Table 6 – Applicability of routine tests (see 7.2.2, excluding bushings according to Clause 10) 29
Table 7 – Correction of test voltages (see 7.3) 31
Table 8 – Maximum values of tan δ and tan δ increase (see 9.1) 44
Table 9 – Maximum values of partial discharge quantity (see 8.2 and 9.4) 46
Table 10 – Applicability of type tests for bushings according to Clause 10 (see 10.4.1) 50
Table 11 – Applicability of routine tests for bushings according to Clause 10 (see 10.4.2) 51

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INSULATED BUSHINGS FOR ALTERNATING VOLTAGES ABOVE 1 000 V

FOREWORD

1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60137 has been prepared by sub-committee 36A: Insulated bushings, of IEC technical committee 36: Insulators.

This sixth edition cancels and replaces the fifth edition, published in 2003, and constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- Long duration power-frequency for transformer bushings.
- Special requirements for type and acceptance tests applicable to transformer and GIS bushings.
- Specific insulation levels for bushings fitted to transformers and GIS.
- According to IEC Guide 111, clauses relating to safety and the environment have been added.
- The altitude correction procedure has been revised (> 1 000 m).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
36A/134/FDIS	36A/135/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under "http://webstore.iec.ch" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

INTRODUCTION

In the preparation of this standard further consideration has been given to the test requirements for power transformers as described in IEC 60076-3:2000. Extensions have been made to the requirements for lightning impulse type testing and an additional test - long duration power-frequency withstand test - has been included.

In anticipation of changes in the creepage correction factors defined in IEC 60815 and currently under review by TC 36, details of the correction method have been removed from this standard.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

INSULATED BUSHINGS FOR ALTERNATING VOLTAGES ABOVE 1 000 V

1 Scope

This International Standard specifies the characteristics and tests for insulated bushings.

This standard is applicable to bushings, as defined in Clause 3, intended for use in electrical apparatus, machinery, transformers, switchgear and installations for three-phase alternating current systems, having highest voltage for equipment above 1 000 V and power frequencies of 15 Hz up to and including 60 Hz.

Subject to special agreement between purchaser and supplier, this standard may be applied, in part or as a whole, to the following:

- bushings used in other than three-phase systems;
- bushings for high-voltage direct current systems;
- bushings for testing transformers;
- bushings for capacitors.

Special requirements and tests for transformer bushings in this standard apply also to reactor bushings.

This standard is applicable to bushings made and sold separately. Bushings which are a part of an apparatus and which cannot be tested according to this standard should be tested with the apparatus of which they form part.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60038:1983, *IEC standard voltages*
Amendment 2 (1997)

IEC 60050(212):1990, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 212: Insulating solids, liquids and gases*

IEC 60059, *IEC standard current ratings*

IEC 60060-1, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60068-2-17:1994, *Basic environmental testing procedures – Part 2: Tests – Test Q: Sealing*

IEC 60071-1, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IEC 60076-5, *Power transformers – Part 5: Ability to withstand short circuit*

IEC 60076-7: *Power transformers – Part 7: Loading guide for oil-immersed transformers*

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

IEC 60216-2, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 2: Determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials – Choice of test criteria*

IEC 60270, *High-voltage test techniques – Partial discharge measurements*

IEC 60376, *Specification of technical grade sulfur hexafluoride (SF6) for use in electrical equipment*

IEC 60480, *Guidelines for the checking and treatment of sulphur hexafluoride (SF6) taken from electrical equipment and specification for its re-use*

IEC 60505, *Evaluation and qualification of electrical insulation systems*

IEC 60815, *Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions*

IEC 61462, *Composite insulators – Hollow insulators for use in outdoor and indoor electrical equipment – Definitions, test methods, acceptance criteria and design recommendations*

IEC 61463, *Bushings – Seismic qualification*

IEC 62155, *Hollow pressurised and unpressurised ceramic and glass insulators for use in electrical equipment with rated voltages greater than 1 000 V*

IEC 62217, *Polymeric insulators for indoor and outdoor use with nominal voltage greater than 1 000 V – General definitions, test methods and acceptance criteria*

IEC 62271 (all parts), *High-voltage switchgear and controlgear*

IEC 62271-1, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 1: Common specifications*

IEC Guide 109, *Environmental aspects – Inclusion in electrotechnical product standards*

IEC Guide 111, *Electrical high-voltage equipment in high-voltage substations – Common recommendations for product standards*

CISPR 16-1 (all parts), *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods*

CISPR 18-2, *Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment – Parts 2: Methods of measurement and procedure for determining limits*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

3.1
bushing
device that enables one or several conductors to pass through a partition such as a wall or a tank, and insulates the conductors from it; the means of attachment (flange or fixing device) to the partition forms part of the bushing

[IEV 471-02-01]

NOTE 1 The conductor may form an integral part of the bushing or be drawn into the central tube of the bushing.

NOTE 2 The bushing may be of the types as described in 3.2 to 3.21.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.2
liquid-filled bushing
bushing in which the space between the inside surface of the insulating envelope and the solid major insulation is filled with oil

3.3
compound-filled bushing
bushing in which the space between the inside surface of the insulating envelope and the solid major insulation is filled with an insulating compound

3.4
liquid-insulated bushing
bushing in which the major insulation consists of oil or another insulating liquid

3.5
gas-filled bushing
bushing in which the space between the inside surface of the insulating envelope and the solid major insulation is filled with gas (other than ambient air) at atmospheric pressure or higher

NOTE This definition includes bushings which are intended to form an integral part of gas-insulated equipment, the gas of the equipment being in communication with that of the bushing.

3.6
gas-insulated bushing
bushing in which the major insulation consists of gas (other than ambient air) at atmospheric pressure or higher

NOTE 1 This definition includes bushings which are intended to form an integral part of gas-insulated equipment, the gas of the equipment being in communication with that of the bushing.

NOTE 2 A bushing which contains solid insulating materials other than the envelope containing the gas (e.g. support for conducting layers or insulating cylinder), is a combined insulation bushing (see 3.13).

NOTE 3 A bushing in which the desired voltage grading is obtained by an arrangement of conducting or semi-conducting layers incorporated in an insulating material (e.g. plastic film) is referred to as a gas insulated condenser graded bushing.

3.7
gas-impregnated bushing
bushing in which the major insulation consists of a core wound from paper or plastic film (GIF) and subsequently treated and impregnated with gas (other than ambient air) at atmospheric pressure or higher, the space between the core and the insulating envelope being filled with the same gas

3.8
oil-impregnated paper bushing
OIP
bushing in which the major insulation consists of a core wound from paper and subsequently treated and impregnated with an insulating liquid, generally transformer oil

NOTE The core is contained in an insulating envelope, the space between the core and the insulating envelope being filled with the same insulating liquid as that used for impregnation.

3.9
resin-bonded paper bushing
RBP
bushing in which the major insulation consists of a core wound from resin-coated paper

NOTE 1 During the winding process, each paper layer is bonded to the previous layer by its resin coating and the bonding achieved by curing the resin.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

NOTE 2 A resin-bonded paper bushing can be provided with an insulating envelope, in which case the intervening space can be filled with an insulating liquid or another insulating medium.

3.10
resin-impregnated paper bushing
RIP
bushing in which the major insulation consists of a core wound from untreated paper and subsequently impregnated with a curable resin

NOTE A resin-impregnated paper bushing can be provided with an insulating envelope, in which case the intervening space can be filled with an insulating liquid or another insulating medium.

3.11
ceramic, glass or analogous inorganic material bushing
bushing in which the major insulation consists of a ceramic, glass or analogous inorganic material

3.12
cast or moulded resin-insulated bushing
bushing in which the major insulation consists of a cast or moulded organic material with or without an inorganic filler

3.13
combined insulation bushing
bushing in which the major insulation consists of a combination of at least two different insulating materials

3.14
capacitance graded bushing
bushing, in which a desired voltage grading is obtained by an arrangement of conducting or semiconducting layers incorporated into the insulating material

[IEV 471-02-03]

3.15
indoor bushing
bushing, both ends of which are intended to be in ambient air at atmospheric pressure, but not exposed to outdoor atmospheric conditions

[IEV 471-02-05]

3.16
outdoor bushing
bushing, both ends of which are intended to be in ambient air at atmospheric pressure and exposed to outdoor atmospheric conditions

[IEV 471-02-07]

3.17
outdoor-indoor bushing
bushing, both ends of which are intended to be in ambient air at atmospheric pressure. One end is intended to be exposed to outdoor atmospheric conditions, and the other end not to be exposed to outdoor atmospheric conditions

[IEV 471-02-09]

3.18
indoor-immersed bushing
bushing, one end of which is intended to be in ambient air but not exposed to outdoor atmospheric conditions and the other end to be immersed in an insulating medium other than ambient air (e.g. oil or gas)

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

[IEV 471-02-06]

NOTE This definition includes bushings operating in air at temperatures above ambient, such as occur with air-insulated ducting.

3.19
outdoor-immersed bushing
bushing, one end of which is intended to be in ambient air and exposed to outdoor atmospheric conditions and the other end to be immersed in an insulating medium other than ambient air (e.g. oil or gas)

[IEV 471-02-08]

3.20
completely immersed bushing
bushing, both ends of which are intended to be immersed in an insulating medium other than ambient air (e.g. oil or gas)

[IEV 471-02-04]

3.21
plug-in type bushing
bushing for separable connector
bushing, one end of which is immersed in an insulating medium and the other end designed to receive a separable insulated cable connector, without which the bushing cannot function

[IEV 471-02-02]

3.22
highest voltage for equipment
U_m
highest r.m.s. value of phase-to-phase voltage for which the equipment is designed in respect of its insulation as well as other characteristics which relate to this voltage in the relevant equipment standard

[IEV 604-03-01]

3.23
rated phase-to-earth voltage
maximum r.m.s. value of the voltage which the bushing withstands continuously between the conductor and the earthed flange or other fixing device, under the operating conditions specified in Clause 5

3.24
rated current
I_r
maximum r.m.s. value of current which the bushing can carry continuously under the operating conditions specified in Clause 5, without exceeding the temperature rise limits of Table 2

3.25
rated thermal short-time current
I_{th}
r.m.s. value of a symmetrical current which the bushing withstands thermally for the rated duration (t_{th}) immediately following continuous operation at rated current with maximum temperatures of ambient air and immersion media in accordance with 5.3

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.26
rated dynamic current
I_d
peak value of a current which the bushing withstands mechanically

3.27
temperature rise
difference between the measured temperature of the hottest spot of the metal parts of the bushing which are in contact with insulating material and the ambient air temperature (see 4.8)

3.28
rated frequency
f_r
frequency at which the bushing is designed to operate

[IEV 421-04-03, modified]

3.29
rated filling pressure of gas for insulation
the pressure in Pascal (Pa) for insulation referred to the standard atmospheric conditions of +20 ºC and 101,3 kPa (or density), which may be expressed in relative or absolute terms, to which the bushing is filled before being put into service, or automatically replenished

3.30
maximum internal operating gas pressure
pressure, when the bushing is in operation, carrying rated current at the highest temperatures in accordance with 5.3

3.31
maximum external operating gas pressure
maximum pressure of the gaseous insulating medium in which the bushing is partially or completely immersed when in operation

3.32
design pressure (of the enclosure)
pressure used to determine the thickness of the enclosure

(see IEC 62271-203:2003, Definition 3.113, modified)

3.33
leak rate (of gas-filled, gas-insulated, gas-impregnated and gas-immersed bushings)
quantity of dry gas at a given temperature that flows through a leak per unit of time and for a known difference of pressure across the leak

(see IEC 60068-2-17)

NOTE The basic SI unit for leak rate is "Pascal cubic metre per second (Pa × m^3/s)". The derived units "Pa × cm^3/s" and "bar × cm^3/s" are used in this standard, as they better conform to the orders of magnitude used in common industrial practice. It should be remembered that: 1 Pa × m^3/s = 10^6 Pa × cm^3/s = 10 bar × cm^3/s.

3.34
hollow insulator
insulator which is open from end to end, with or without sheds

[IEV 471-01-8 modified]

NOTE An insulating envelope may consist of one insulator unit or two or more permanently assembled insulator units.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.35
creepage distance
shortest distance along the surface of an insulator between two conductive parts

NOTE 1 The surface of cement or of any other non-insulating jointing material is not considered as forming part of the creepage distance.

NOTE 2 If high-resistance coating is applied to parts of the insulating part of an insulator, such parts are considered to be effective insulating surfaces and the distance over them is included in the creepage distance.

[IEV 471-01-04]

3.36
arcing distance
shortest distance in air external to the insulator between metallic parts which normally have the operating voltage between them

[IEV 471-01-01]

NOTE The terms “dry arcing distance” or “taut string distance” are also used.

3.37
test tap
measuring tap
tan δ tap
connection, accessible from outside the bushing, insulated from the flange or other fixing device, made to one of the outer conducting layers of a capacitance graded bushing in order to allow measurements of dissipation factor, capacitance and partial discharge whilst the flange of the bushing is earthed

NOTE 1 This connection should be earthed directly when it is not used.

NOTE 2 When the test tap is used for condition monitoring, in service, care should be taken to avoid an open circuit.

3.38
voltage tap
potential tap
capacitance tap
connection, accessible from outside the bushing, insulated from the flange or other fixing device, made to one of the outer conducting layers of a capacitance graded bushing in order to provide a voltage source whilst the bushing is in operation

NOTE 1 This connection should be earthed directly when it is not used.

NOTE 2 This tap can also be used for the measurement of dissipation factor, capacitance and partial discharge.

3.39
rated voltage of the voltage tap
maximum voltage at which the tap is designed to supply the associated equipment, with the rated load connected thereto, when the rated phase-to-earth voltage is applied to the bushing at the rated frequency

3.40
composite bushing
bushing with an insulating envelope consisting of a resin impregnated fibre tube with or without a rubber compound covering

NOTE For bushings defined in 3.9 to 3.12, the rubber may be applied directly on to the bushing major insulation.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---
Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.41
capacitance (of bushing)

3.41.1
main capacitance C_1
capacitance between the high-voltage conductor and the test tap or the voltage tap of a capacitance-graded bushing

3.41.2
tap capacitance C_2
capacitance between the test tap or the voltage tap and the mounting flange of a capacitance-graded bushing

3.41.3
capacitance C
capacitance between the high-voltage conductor and the mounting flange of a bushing without a voltage tap or test tap

4 Ratings

4.1 Standard values of highest voltage for equipment (U_m)

The values of U_m of a bushing shall be chosen from the standard values of the highest voltage for equipment, defined in IEC 60038 as given below, in kilovolts:

3,6 – 7,2 – 12 – 17,5 – 24 – 36 – 52 – 72,5 – 100 – 123 – 145 – 170 – 245 – 300 – 362 – 420 – 550 – 800 kV.

NOTE The values 525 kV and 765 kV are also used.

4.2 Standard values of rated current (I_r)

The values of I_r of a bushing shall be chosen from the standard values as given below, in amperes:

100 – 250 – 315 – 400 – 500 – 630 – 800 – 1 000 – 1 250 – 1 600 – 2 000 – 2 500 – 3 150 – 4 000 – 5 000 – 6 300 – 8 000 – 10 000 – 12 500 – 16 000 – 20 000 – 25 000 – 31 500 – 40 000 A.

The above series of currents are in accordance with the values indicated in IEC 60059.

In the case of transformer bushings with the conductor drawn into the central tube, the supplier shall indicate the value of the cross-section, and the material of the conductor, which correspond to I_r in accordance with 4.8.

Bushings for transformers selected with I_r not less than 120 % of rated current of the transformer are considered to be able to withstand the overload conditions according to IEC 60076-7 without further clarification or tests.

4.3 Standard values of rated thermal short-time current (I_{th})

Unless otherwise specified, the standard value of I_{th} shall be 25 times I_r, t_{th} being 1 s. For bushings with I_r equal to or greater than 4 000 A, I_{th} shall always be 100 kA.

For transformer bushings, t_{th} shall be 2 s, unless otherwise stated, with reference to IEC 60076-5.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

For durations of t_{th} greater than 1 s, the relationship between current and time is assumed to be in accordance with

$$I^2_{th} \times t_{th} = \text{constant}$$

NOTE For transformer bushings, where the conductor is drawn into the central tube, the conductor cross-section corresponding to the operating current may be less than that indicated in 4.2. In such a case, the operating current and cross-section should conform to the requirements of 8.7.

4.4 Standard values of rated dynamic current (I_d)

The standard value of I_d shall have an amplitude of the first peak of 2,5 times the value of I_{th} in accordance with 4.3.

NOTE In some cases, values greater than 2,5 times the value of I_{th} indicated in 4.3 may be necessary with respect to the transformer characteristics. The transformer manufacturer should stipulate such requirements in the bushing ordering information (see 6.1.3).

4.5 Minimum withstand values of cantilever load

The bushings shall withstand the cantilever load given in Table 1, Level I or II. Level I is normal load and shall be generally applied, unless a purchaser specifies a heavy load of Level II.

Table 1 – Minimum values of cantilever withstand load (see 4.5 and 8.9)

Highest voltage for equipment U_m kV	**Rated current** A							
	≤ 800		1 000 1 600		2 000 2 500		≥3 150	
	Cantilever operating load N							
	Bushing installed ≤30° from the vertical							
	I	**II**	**I**	**II**	**I**	**II**	**I**	**II**
≤36	500	500	625	625	1 000	1 000	1 575	1 575
52	500	800	625	800	1 000	1 250	1 575	1 575
72,5 to 100	500	1 000	625	1 000	1 000	1 575	2 000	2 000
123 to 145	625	1 575	800	1 575	1 250	2 000	2 000	2 000
170 to 245	625	2 000	800	2 000	1 250	2 500	2 000	2 500
≥300	1 250	2 000	1 250	2 000	1 575	2 500	2 500	2 500
	Cantilever test load N							
	I	**II**	**I**	**II**	**I**	**II**	**I**	**II**
≤36	1 000	1 000	1 250	1 250	2 000	2 000	3 150	3 150
52	1 000	1 600	1 250	1 600	2 000	2 500	3 150	3 150
72,5 to 100	1 000	2 000	1 250	2 000	2 000	3 150	4 000	4 000
123 to 145	1 250	3 150	1 600	3 150	2 500	4 000	4 000	4 000
170 to 245	1 250	4 000	1 600	4 000	2 500	5 000	4 000	5 000
≥300	2 500	4 000	2 500	4 000	3 150	5 000	5 000	5 000

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

NOTE 1 Cantilever operating loads include terminal load and wind pressure (70 Pa), reference IEC 61463.

NOTE 2 For bushings operating at an angle >30° to the vertical, the effect of bushing self-load should be considered when selecting test load and procedure. The values given above correspond to vertical bushings that are to be tested in a vertical position. If a tilted or horizontal bushing is to be tested vertically, then an equivalent force should be added to achieve the bending moment at the flange, caused by the weight of the bushing in its operating position. If a vertical bushing is to be tested horizontally, then the test load can be reduced in the same manner.

NOTE 3 Level I = normal load, Level II = heavy load.

NOTE 4 For bushings where upper and lower insulating envelopes are assembled by clamping force on the central fixing conductor, it is recommended to choose the cantilever test load, taking into account the thermal expansion of the conductor due to the rated current flow.

4.6 Angle of mounting

All bushings shall be designed for mounting at any angle of inclination not exceeding 30° from the vertical. Any other angle of mounting shall be subject to agreement between purchaser and supplier.

NOTE A bushing operating at an angle up to and including 30° from the vertical is considered a vertical bushing. A bushing operating at an angle equal to or greater than 70° from the vertical is considered a horizontal bushing. A bushing operating at any other angle is considered a tilted bushing (see 6.1.4).

4.7 Minimum nominal creepage distance

Unless otherwise agreed between purchaser and supplier, or demonstrated by a test, the creepage distance for ceramic insulating envelopes shall be in accordance with IEC 60815.

If artificial pollution tests are required, they shall be performed in accordance with IEC 60507.

NOTE 1 The actual value of creepage distance can differ from the nominal one by the manufacturing tolerances stated in IEC 62155.

NOTE 2 Requirements for composite insulators are under consideration by TC 36: Insulators.

4.8 Temperature limits and temperature rise

The temperature limits of metal parts in contact with insulating material under normal operating conditions are as follows:

– 105 °C for oil-impregnated paper: Class A;

– 120 °C for resin-bonded and resin-impregnated paper: Class E;

– 130 °C for gas-insulated: Class B.

The temperature rise above maximum daily mean ambient air temperature in accordance with 5.3 (30 ºC) of the hottest spot shall not exceed the values given in Table 2. In the case of other insulating materials, the temperature limits shall be stated by the supplier. Reference shall be made to IEC 60216-2 and IEC 60505.

For bushing terminals and connections, the temperature rises are also given in Table 2.

Bushings used as an integral part of apparatus, such as switchgear or transformers, shall meet the thermal requirements for the relevant apparatus. For transformer bushings, reference shall be made to 4.2.

NOTE For gaskets in contact with metallic parts, special attention should be paid to the ability of the material to withstand the temperature rise.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Table 2 – Maximum values of temperature and temperature rise above ambient air (see 4.8)

Description of component		Maximum temperature rise K	Maximum temperature °C	Comments[a]
Spring contacts	Copper and copper alloys, uncoated:			[d]
	- in air	45	75	
	- in SF_6	60	90	
	- in oil	50	80	[b]
	Tinned in air, SF_6 or oil	60	90	
	Silver/nickel-plated:			
	- in air or SF_6	75	105	
	- in oil	60	90	[b]
Screwed contacts	Copper, aluminium and their alloys, uncoated:			
	- in air	60	90	
	- in SF_6	75	105	
	- in oil	70	100	[b]
	Tinned:			
	- in air or SF_6	75	105	
	- in oil	70	100	[b]
	Silver/nickel-plated:			
	- in air or SF_6	85	115	
	- in oil	70	100	[b]
Terminals to be connected to exterior conductors by screws or bolts	Copper, aluminium and their alloys:			
	- uncoated	60	90	[c]
	– tinned	75	105	
	- silver or nickel-plated	75	105	
Metallic parts in contact with	Insulation class:			
	- A (OIP)	75	105	
	- E (RBP and RIP)	90	120	
	- (GIF)	[e]	[e]	
	- SF_6	100	130	
	- Oil		[e]	

[a] The temperature rise values are based on IEC 60943 with a maximum daily mean temperature of 30 °C. For further information reference should be made to IEC 60943, Table 6.

[b] For synthetic insulating liquids (silicone, esters), higher values may be agreed between purchaser and supplier.

[c] If heavy oxidation is to be expected, the temperature rise shall be limited to 50 K.

[d] A spring contact is a connection maintained by spring pressure for example a plug-in connection.

[e] The temperature limits shall be stated by the supplier.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Table 3 – Temperature of ambient air and immersion media (see 5.3)

Subject		Temperature °C
Ambient air:		
– maximum		40
– maximum daily mean (open air)		30
– maximum daily mean (air-insulated ducting)		70
– maximum annual mean		20
– minimum		
• Indoors	Class 1 [a]	–5
	Class 2	–15
	Class 3	–25
• Outdoors	Class 1 [a]	–10
	Class 2	–25
	Class 3	–40
Oil in transformers:		
– maximum		
• for normal load		100
• for emergency duty [b]		115
– maximum daily mean		90
Other media: (gaseous and non-gaseous)		[c]

[a] The normal minimum ambient air temperature is Class 1.

[b] The values for oil in transformers are in accordance with IEC 60076-1 and IEC 60076-2. The value for emergency duty is in accordance with IEC 60076-7

[c] In the absence of other information, reference should be made in principle to the corresponding IEC apparatus standard for which the bushing is intended, whereby particular attention should be paid to bushings one end of which is to be immersed in gas.

NOTE 1 The daily mean temperature of the immersion medium should be calculated by averaging 24 consecutive hourly readings.

NOTE 2 By agreement between purchaser and supplier, other temperature ranges may be adopted.

4.9 Standard insulation levels

The standard values of insulation level shall be chosen from the values given in Table 4.

The specified standard values of insulation level are in accordance with IEC 60038 and IEC 60071-1.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Table 4 – Insulation levels for highest voltage for equipment (see 4.9, 8.1, 8.3, 8.4, 9.2 and 9.3)

Highest voltage for equipment U_m	Rated lightning impulse withstand voltage (BIL)	Rated switching impulse withstand voltage (SIL)	Power-frequency withstand voltage[f]			
kV (r.m.s. value)	kV (peak value)	kV (peak value)	kV (r.m.s. value)			
			Transformer bushings[a] (dry)	GIS bushings[b] (dry)	Other bushings[c] (dry)	All bushings[d] (wet)
3,6	40		11		10	10
7,2	60		22		20	20
12	75		30		28	28
17,5	95		42		38	38
24	125		55		50	50
36	170		77		70	70
52	250		105		95	95
72,5	325		155		140	140
100	380		165		150	150
	450		205		185	185
123	450		205		185	185
	550		255		230	230
145	450		205		185	185
	550		255		230	230
	650		305		275	275
170	550		255		230	230
	650		305		275	275
	750		355	325	325	325
245	950	650 750 850	435	435	395	395
	1050	750 850	505	460	460	460
300	1050	850	505	460	460	-
362	1050	850	505	460	460	-
		950				
	1175	950	560	520	510	-
420	1300	1050	625	595	570	-
	1425	1050	695	650	630	-
	1550	1175	750	-	680	-
550[e]	1425	1050	695	650	630	-
		1175				
	1550	1175	750	710	680	-
	1675	1175	750	-	680	-
	1800	1300	870	-	790	-
800[e]	1800	1300	870	830	790	-
		1425				-
		1550				-
	1950	1550	915	960	830	-
	2100	1425	970	960	880	-
	2400	1550	1075	960	975	-

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

[a] Values in accordance with IEC 60071-1 and IEC60076-3 enhanced by 10 % in accordance with 9.3.

[b] Values in accordance with IEC 62271-1.

[c] Values in accordance with IEC 60071-1 and IEC 62271-1.

[d] Values in accordance with IEC 60071-1.

[e] The values of highest voltage for equipment are in accordance with IEC 60038, Amendment 2 (1997). The values 525 kV and 765 kV are also used.

[f] The power-frequency withstand voltages quoted are the minimum required based on the BIL of the system or equipment to which the bushing is applied. For transformer applications when a bushing is selected with a higher BIL-class, the bushing may be tested in accordance with column 6 provided the requirement of 10 % higher power-frequency withstand test voltage, than its transformer, is met.

[g] For bushings U_m equal to or greater than 245 kV, a dry switching impulse withstand test is required for transformer bushings only.

4.10 Test tap on transformer bushings

A test tap according to 3.37 shall be provided on transformer bushings of U_m equal to or greater than 72,5 kV. In view of its use for partial discharge measurements on transformers, the values for the test tap shall not exceed:

– a capacitance to earth of 10 000 pF;

– a dielectric dissipation factor ($\tan \delta$) of 0,05 measured at power-frequency.

Other values of test tap capacitance to earth may be agreed between purchaser and supplier.

The bushing shall not incorporate substantial capacitances to earth which may divert the partial discharge current and so give rise to incorrect or misleading partial discharge measurements on the transformer.

5 Operating conditions

5.1 Temporary overvoltages

The maximum phase-to-earth voltage of the system may exceed U_m divided by $\sqrt{3}$. For periods not exceeding 8 h in any 24 h, and of which the total period does not exceed 125 h per year, bushings shall be able to operate phase-to-earth at a voltage of

– U_m for bushings of which U_m is equal to or less than 170 kV;

– 0,8 U_m for bushings of which U_m is greater than 170 kV.

For systems in which overvoltages in excess of this may occur, it is advisable to choose a bushing with a higher U_m.

5.2 Altitude

Although the insulation level refers to sea level, bushings corresponding to this standard are declared suitable for operation at any altitude not exceeding 1 000 m. In order to ensure that the external withstand voltages of the bushing are sufficient at altitudes exceeding 1 000 m, the arcing distance normally required shall be increased by a suitable amount. It is not necessary to adjust the radial thickness of insulation or the clearance of the immersed end. The puncture strength and the flashover voltage in the immersion medium of a bushing are not affected by altitude.

For installations at an altitude higher than 1 000 m, the arcing distance under the standard reference atmospheric conditions shall be determined in order to withstand the voltages

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

obtained by multiplying the withstand voltages required at the service location by a factor k in accordance with Figure 1.

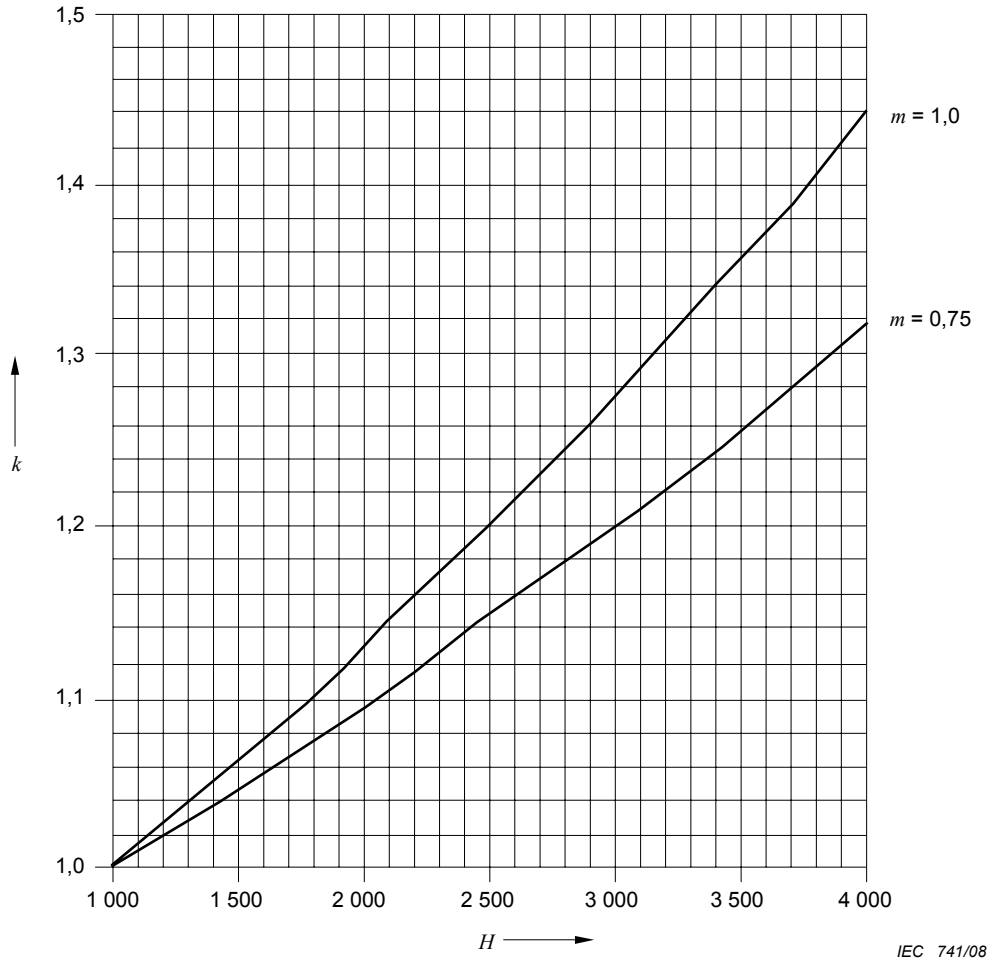

Figure 1 – Altitude correction factor

These factors are calculated with the following equation:

$k = e^{m(H-1000)/8150}$

where

H is the altitude, in metres;

m = 1 for power frequency and lightning impulse voltage;

m = 0,75 for switching impulse voltage.

Owing to the limitations of puncture strength and flashover voltage in the immersion medium, it may not always be possible to check the adequacy of the increased arcing distance by actual tests at any altitude lower than that of operation. In such a case the supplier shall demonstrate that arcing distance of the bushing is adequate.

5.3 Temperature of ambient air and immersion media

Bushings shall be designed for operation at temperatures not exceeding the limits given in Table 3. Consideration should be given to the operating conditions of completely immersed bushings and bushings operating in air-insulated ducting.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Moisture condensation on the surface of the indoor part of the bushing is to be prevented, if necessary by ventilation or heating.

5.4 Seismic conditions

When seismic qualification is required, reference should be made to IEC 61463.

6 Ordering information and markings

6.1 Enumeration of characteristics

When ordering, the purchaser shall furnish as much of the following information as necessary, as well as any additional information needed to determine clearly the required characteristics.

6.1.1 Application

Application, including type of apparatus for which the bushing is intended, and the corresponding IEC apparatus standard shall be given.

Attention shall be drawn to any features (including tests) of the completed apparatus which may affect the design of the bushing (see 7.3).

6.1.2 Classification of bushings

Classification according to 3.2 to 3.21.

6.1.3 Ratings

The ratings shall be as follows:

- highest voltage for equipment (U_m) (see 3.22);
- rated phase-to-earth voltage (see 3.23);
- standard insulation level (see 4.9) and the induced and/or applied test voltage level of the transformer (see 9.3);
- rated current (I_r) (see 3.24);
- rated thermal short-time current (I_{th}) and rated duration (t_{th}), if deviating from the values given in 4.3;
- rated dynamic current (I_d), if deviating from the value given in 4.4;
- rated frequency (see 3.28);
- minimum withstand values of cantilever load in accordance with 4.5;
- maximum value of test tap capacitance, if lower value is required, in accordance with 4.10.

6.1.4 Operating conditions

The operating conditions shall be as follows:

- temporary overvoltages, if applicable (see 5.1);
- altitude, if exceeding 1 000 m (see 5.2) (relevant only to indoor and outdoor bushings according to 3.15 to 3.19);
- ambient air and immersion media temperature if deviating from normal values (see 5.3 and Table 3) (relevant to bushings according to 3.15 to 3.21);
- type of immersion medium (relevant only to partly or completely immersed bushings according to 3.18 to 3.21);

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

- minimum level of immersion medium (relevant only to partly or completely immersed bushings according to 3.18 to 3.21);
- maximum operating pressure of immersion media (relevant only to partly or completely immersed bushings according to 3.18 to 3.21);
- type of insulating gas (relevant only to gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings according to 3.5 to 3.7 when the gas of the equipment is in communication with that of the bushing);
- rated filling pressure of gas for insulation (see 3.29) (relevant only to gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings according to 3.5 to 3.7 when the gas of the equipment is in communication with that of the bushing);
- maximum internal operating gas pressure (see 3.30) (relevant only to gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings according to 3.5 to 3.7 when the gas of the equipment is in communication with that of the bushing);
- maximum external operating gas pressure (see 3.31) (relevant only to partly or completely gas-immersed bushings according to 3.18 to 3.20);
- angle of mounting if exceeding the standard values (see 4.6);
- minimum nominal specific creepage distance (see 4.7) (relevant only to the outdoor part of bushings according to 3.16, 3.17 and 3.19);
- unusual climatic conditions (extreme high and low temperatures, tropical humidity, severe contamination, high wind);
- seismic conditions, if qualification is required (see 5.4).

6.1.5 Design

The design shall cover:

- for bushings supplied without a conductor: diameter, type (cable, solid or hollow stem), material and position of the conductor with which the bushing will be fitted in operation;
- particular dimensional requirements, if any;
- test tap or voltage tap if required (see 3.37 and 3.38);
- the length of earthed sleeve located next to the flange or other fixing device, if any;
- general information concerning the position of the bushing in relation to the earthed parts of the apparatus for which the bushing is foreseen (see 7.1);
- whether protective gaps are to be fitted or not;
- special requirements for corrosion protection of metallic parts;
- bushings for transformers shall be designed to withstand a typical transformer test sequence (works, acceptance and possible repeat tests);
- oil level in central tube of a transformer bushing with the conductor drawn into the central tube, if lower than one-third of the height of the external part (see 8.7);
- provision of an oil sample valve.

Bushings using liquid or gas for insulation should refer to the relevant horizontal standards:

- IEC 60376 for new SF_6 or IEC 60480 for used SF_6.
- IEC 60296 for oil, or
- IEC 60836 or IEC 60867 for synthetic fluid.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

6.2 Markings

Each bushing of U_m equal to or greater than 123 kV shall carry the following markings. For bushings of U_m equal to or less than 100 kV, markings indicated ■ are sufficient. Markings for bushings according to Clause 10 are specified in 10.3.

- ■ supplier's name or trade mark;
- ■ year of manufacture and serial number;
- ■ supplier's type designation;
- ■ highest voltage for equipment (U_m) (see 3.22) or rated phase-to-earth voltage (see 3.23) and rated frequency (see 3.28);
- ■ rated current (I_r) (see 3.24). If the bushing is supplied without conductor, the conductor section shall be specified by the supplier (see 4.2);
- lightning impulse (BIL) and switching impulse (SIL) and power-frequency withstand test voltages (AC) (see 4.9);
- bushing capacitance (see 3.41) and dielectric dissipation factor;
- type of insulating gas and rated filling pressure (see 3.29), if applicable;
- mass if above 100 kg;
- maximum angle of mounting if exceeding 30° from vertical (see 4.6).

For examples of marking plates, see Figures 2 to 4.

NOTE Capacitance and dielectric dissipation factor measurements made on site may differ from factory values given on the nameplate. It is recommended to make reference measurements at installation.

MANUFACTURER		
Year	Type designation:.....	. No. .....
U_m .....kV	I_r ..... A	f_r ..... Hz
BIL ..... kV	SIL ..... kV	AC ..... kV
Mass ..... kg	Max. angle to vertical ..... degree	
Capacitance ..... pF	Dissipation factor .....%	

In addition, for gas-filled, gas-insulated, gas-immersed and gas-impregnated bushings:

Type of gas .....
Rated gas filling pressure at 20 °C ..... bar gauge
Minimum gas pressure at 20 °C .....bar gauge

IEC 2001/03

Figure 2 – Marking plate for bushings for highest voltage for equipment greater than 100 kV

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

MANUFACTURER		
Year	Type designation:.....	No. .....
U_m ..... kV	I_r . ..... A	f_r ..... Hz

IEC 2002/03

Figure 3 – Marking plate for bushings for highest voltage for equipment equal to or less than 100 kV, except for bushings for which Figure 2 is applicable

MANUFACTURER		
Year	U_m ..... kV	I_r .....A

IEC 2003/03

Figure 4 – Marking plate for bushings for highest voltage for equipment equal to or less than 52 kV made of ceramic, glass or inorganic materials, resin or combined insulation (see 10.3)

7 Test requirements

7.1 General requirements

All tests shall be carried out in accordance with the relevant IEC publication referred to in the particular clause. Tests on insulating envelopes of ceramic material shall be carried out in accordance with IEC 62155. Tests on insulators of composite material shall be carried out in accordance with IEC 61462 and IEC 62217. All high-voltage tests, in accordance with 8.1 to 8.4, 9.2 and 9.3 shall be carried out in accordance with IEC 60060-1.

The supplier shall provide a detailed type test certificate at the request of the purchaser. The tests shall have been carried out on bushings of a design that does not differ from that offered to the purchaser in any way that may improve the features to be checked by a type test. Repetition of a type test is only mandatory when specified in a particular contract.

At the request of the purchaser, the supplier shall furnish any information concerning the minimum clearances to earthed parts in the operating arrangement.

The values of the applicable withstand test voltages for newly manufactured bushings are indicated in Table 4. For bushings, which have been in operation, the routine withstand test voltages shall be reduced to 85 % of the values indicated in the table.

The bushings shall not be damaged by the tolerated flashover in air when tested in accordance with 8.1, 8.3, 8.4, 9.2 and 9.3, but slight marks remaining on the surface of the porcelain insulating parts are acceptable.

A definition of the terms “flashover” and “puncture” is given in IEC 60050(212):1990, definition 212-01-37 and definition 212-01-38, respectively.

7.2 Test classification

Tables 5, 6,10 and 11 show the applicability of the tests to the various types of bushings.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

For bushings of highest voltages for equipment equal to or less than 52 kV, made of ceramic, glass or inorganic materials, resin or composite insulation, see Clause 10. For other bushings, tests to check dielectric, thermal and mechanical properties of bushings comprise the following tests.

7.2.1 Type tests

- dry or wet power-frequency voltage withstand test (see 8.1);
- long duration power-frequency voltage withstand test (ACLD) (see 8.2);
- dry lightning impulse voltage withstand test (see 8.3);
- dry or wet switching impulse voltage withstand test (see 8.4);
- thermal stability test (see 8.5);
- electromagnetic compatibility test (see 8.6);
- temperature rise test (see 8.7);
- verification of thermal short-time current withstand (see 8.8);
- cantilever load withstand test (see 8.9);
- tightness test on liquid-filled, compound-filled and liquid-insulated bushings (see 8.10);
- internal pressure test on gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings (see 8.11);
- external pressure test on partly or completely gas-immersed bushings (see 8.12);
- verification of dimensions (see 8.13).

Table 5 – Applicability of type tests (see 7.2.1, excluding bushings according to Clause 10)

Subclause	Short title	Applicable to bushing type	Bushing defined in subclause
8.1	AC dry	All indoor, indoor immersed and completely immersed <300 kV	3.15, 3.18, 3.20
8.1	AC wet	All outdoor <300 kV	3.16, 3.17, 3.19
8.2	ACLD	All transformer bushings ≥170kV	3.18, 3.19, 3.20
8.3	Lightning	All	
8.4	Switching	All ≥300 kV	
	– dry	– indoor, indoor immersed and completely immersed and all transformer bushings ≥245kV	3.15, 3.18, 3.20
	– wet	– outdoor	3.16, 3.17, 3.19
8.5	Thermal stability	All partly or completely immersed, immersion medium ≥60 °C and	3.18, 3.19, 3.20
		>300 kV for OIP and RIP	
		≥145 kV for others	
8.7	Temperature rise	All, except liquid-insulated as in 3.4	
8.8	Thermal short-time	All, if calculated temperature is too high	
8.9	Cantilever	All	
8.10	Tightness	All liquid-filled and insulated, except with highly viscous filling	3.2, 3.4
8.11	Pressure	All containing gas of ≥1 l and >0,5 bar gauge	3.5, 3.6, 3.7
8.12	External pressure	All partly or completely immersed in gas, gas pressure >0,5 bar gauge	3.18, 3.19, 3.20
8.13	Dimensions	All	

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

7.2.2 Routine tests

- measurement of dielectric dissipation factor (tan δ) and capacitance at ambient temperature (see 9.1);
- dry lightning impulse voltage withstand test (see 9.2);
- dry power-frequency voltage withstand test (see 9.3);
- measurement of partial discharge quantity (see 9.4);
- tests of tap insulation (see 9.5);
- internal pressure test of gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings (see 9.6);
- tightness test on liquid-filled, compound-filled and liquid-insulated bushings (see 9.7);
- tightness test on gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings (see 9.8);
- tightness test at the flange or other fixing device (see 9.9);
- visual inspection and dimensional check (see 9.10).

Table 6 – Applicability of routine tests (see 7.2.2, excluding bushings according to Clause 10)

Subclause	Short title	Applicable to bushing type	Bushing defined in subclause
9.1	tan δ / capacity	All capacitance graded	3.14
9.2	Lightning	All transformer bushings, BIL ≥245 kV	
9.3	AC dry	All	
9.4	Partial discharges	All	
9.5	Tap	All with a tap	
9.6	Internal pressure	All gas-containing	3.5, 3.6, 3.7
9.7	Tightness for liquid	All liquid-containing, except with highly viscous filling	3.2, 3.4
9.8	Tightness for gas	All gas-containing with some exceptions	3.5, 3.6, 3.7 3.18, 3.19, 3.20
9.9	Tightness at flange	All partly or completely immersed in oil or gas with some exceptions	3.18, 3.19, 3.20
9.10	Visual and dimensions	All	

7.2.3 Special tests

Special tests are only performed when contractually agreed upon between purchaser and supplier.

- seismic test (reference to IEC 61463);
- artificial pollution test for porcelain insulators (reference to IEC 60507). If the insulator is designed to IEC 60815 no artificial pollution test is required.

7.3 Condition of bushings during dielectric and thermal tests

During all tests, the temperature of the ambient air and immersion media, if any, shall be between 10 °C and 40 °C. Dielectric and thermal tests shall be carried out only on bushings complete with their fixing flanges or other fixing devices, and all accessories with which they will be fitted when in use, but without protective arcing gaps, if any. Test taps and voltage taps shall be either earthed or held near earth potential.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Liquid-filled and liquid-insulated bushings, according to 3.2 and 3.4, shall be filled to the normal level with the insulating liquid of the quality specified by the supplier.

Gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings, according to 3.5, 3.6 and 3.7, shall be filled with the type of insulating gas specified by the supplier and raised to the minimum pressure according to 3.29, at the reference temperature of 20 °C. If, at the beginning of the test, the temperature differs from 20 °C, the pressure shall be adjusted accordingly.

Partly or completely immersed bushings, according to 3.18, 3.19 and 3.20, shall normally be immersed in an immersion medium which is as similar as possible to that used in normal operation. Other media shall be agreed between purchaser and supplier. In the case of bushings for direct connection between GIS and transformers it is permitted to increase the pressure in the gas enclosure during routine dielectric tests to compensate for differences in withstand requirements for GIS and transformers bushings (see Table 4).

The purchaser may request a simulation test as a special test to prove the adequacy of the bushing in a specific operating arrangement. In particular, in the case of bushings intended for use on gas-insulated switchgear and transformers, tests may be required with simulation of adjacent metal parts on the GIS or transformer side. Such tests shall be the subject of previous agreement between purchaser and supplier.

NOTE For transformer bushings special consideration should be given to the clearances under oil, for example with a larger diameter than the intended transformer turret, to satisfy the requirements of 9.3 without any contingent breakdown in oil.

As the dielectric routine tests (see 7.2.2) are intended to check the internal insulation only, it is permissible practice to screen the external metal parts of the bushing during these tests.

A bushing is normally tested in an arrangement having sufficient clearance to surrounding earthed parts to avoid direct flashover to them through the ambient air or the immersion medium.

Normally, GIS and transformer bushings are tested in the vertical position, with the flange earthed or held near to earth potential.

The angle of mounting of the bushing for the wet power-frequency voltage withstand test and wet switching impulse voltage withstand test may be the subject of special agreement between purchaser and supplier.

Before commencing dielectric tests, the insulator shall be clean and dry and in thermal equilibrium with the ambient air.

If the actual atmospheric conditions deviate from the values given in IEC 60060-1, correction shall be made as given in Table 7.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Table 7 – Correction of test voltages (see 7.3)

Clause	Test	Correction [a, b, c]
8.1	Dry power-frequency voltage withstand test	Multiply by $k_1 \times k_2$ in the conditions indicated below
8.1	Wet power-frequency voltage withstand test	Multiply by k_1
8.2	Long duration power-frequency withstand test	None
8.3	Dry lightning impulse voltage withstand test	Multiply by $k_1 \times k_2$ in the conditions indicated below
8.4	Dry switching impulse voltage withstand test	Multiply by $k_1 \times k_2$ in the conditions indicated below
8.4	Wet switching impulse voltage withstand test	Multiply by k_1 in the conditions indicated below
8.5	Thermal stability test	None
8.6	Electromagnetic compatibility tests	None
9.1	Measurement of dielectric dissipation factor and capacitance	None
9.3	Dry power-frequency voltage withstand test	None
9.4	Measurement of partial discharge quantity	None
9.5	Tests of tap insulation	None

[a] k_1 and k_2 shall be determined according to IEC 60060-1.

[b] In the case of impulse tests when the correction leads to a test voltage value lower than that specified, such correction shall be made on the polarity for which the external withstand voltage is the most critical one, whereas the opposite polarity shall be applied with at least the full voltage value.

[c] When the correction factor is higher than 1, the correction applies to both polarities, but if the correction factor is higher than 1,05 the purchaser and supplier shall agree as to whether the test shall or shall not be performed.

8 Type tests

The order or possible combination of the tests is at the discretion of the supplier, except the impulse voltage withstand tests which shall be made before the dry power-frequency voltage withstand test (see 9.3). Before and after the series of type tests, measurements of dielectric dissipation factor and capacitance (see 9.1) and of partial discharge quantity (see 9.4) shall be carried out in order to check whether damage has occurred.

8.1 Dry or wet power-frequency voltage withstand test

8.1.1 Applicability

The dry test is applicable to all bushings according to 3.15, 3.18 and 3.20, which are not subjected to a routine test (see 9.3).

The wet test is applicable to all outdoor bushings according to 3.16, 3.17 and 3.19, and for which U_m is less than or equal to 245 kV.

8.1.2 Test method and requirements

The magnitude of the test voltage is given in Table 4. The test duration shall be 60 s, independent of frequency.

8.1.3 Acceptance

The bushing shall be considered to have passed the test if no flashover or puncture occurs. If there is a puncture, the bushing shall be considered to have failed the test. For capacitance graded bushings it is assumed that a puncture has occurred if the capacitance measured after the test raises above the capacitance previously measured by about the amount attributable to the capacitance of one layer. If a flashover occurs, the test shall be repeated once only.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

If during the repetition of the test no flashover or puncture occurs, the bushing shall be considered to have passed the test.

8.2 Long duration power-frequency voltage withstand test (ACLD)

8.2.1 Applicability

The test is applicable to all transformer bushings rated 170 kV and above.

8.2.2 Test method and requirements

The voltage shall be following the profile given in Figure 5;

- raise to 1,1 $U_m/\sqrt{3}$ and held for a duration (A) of 5 min:
- raised to U_2 = 1,5 $U_m/\sqrt{3}$ and held for a duration (B) of 5 min;
- raised to U_1 = U_m and held for a duration (C) of 1 min;
- immediately after the test time, reduced without interruption to U_2 and held for a duration (D) of at least 60 min when U_m ≥300 kV or 30 min for U_m <300 kV to measure partial discharges;
- reduced to 1,1 $U_m/\sqrt{3}$ and held for a duration (E) of 5 min;
- reduced to 0 V.

The duration of the test shall be independent of the test frequency. Partial discharge shall be monitored during the whole application of test voltage and shall be recorded at 5 min intervals.

8.2.3 Acceptance

The bushing shall be considered to have passed the test if no flashover or puncture occurs. For capacitance graded bushings it is assumed that a puncture has occurred if the capacitance measured after the test raises above the capacitance previously measured by about the amount attributable to the capacitance of one layer.

The maximum acceptable values of partial discharge quantity, according to the type of bushing, at any stage in the test shall be as given in Table 9.

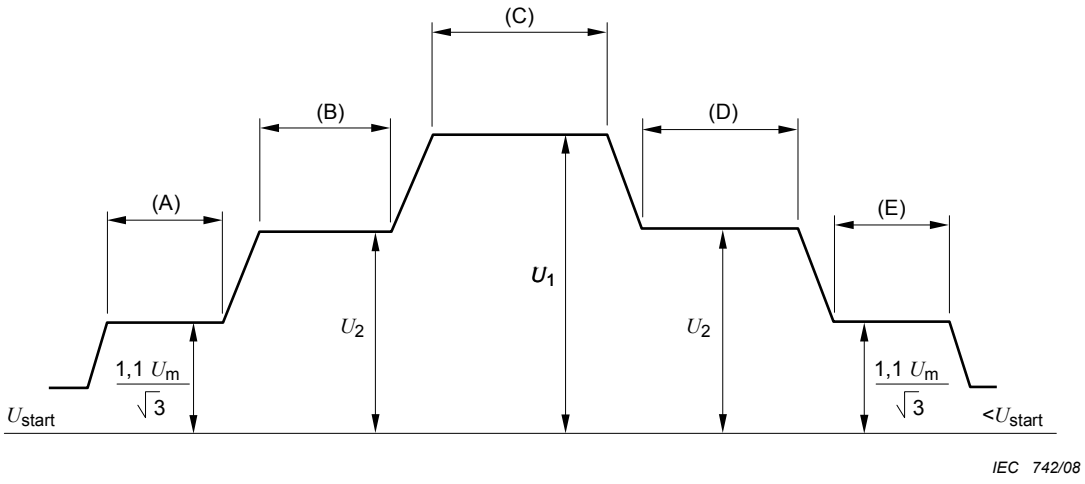

Figure 5 – Voltage profile for long duration test ACLD

where U_{start} is the switch-in voltage for test equipment.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

8.3 Dry lightning impulse voltage withstand test (BIL)

8.3.1 Applicability

The test is applicable to all types of bushings.

8.3.2 Test method and requirements

The magnitude of the test voltage is given in Table 4. The bushing shall be subjected to

– 15 full lightning impulses of positive polarity, followed by
– 15 full lightning impulses of negative polarity

of the standard lightning impulse 1,2/50 μs.

Bushings for transformers of U_m greater than 72,5 kV shall be subjected to

– 15 full lightning impulses of positive polarity, followed by
– 1 full lightning impulse of negative polarity at 110 % of the rated BIL, followed by
– 5 chopped lightning impulses of negative polarity at 121 % of the rated BIL, and by
– 14 full lightning impulses of negative polarity at 110 % of the rated BIL.

The time to sparkover on the chopping device shall be between 2 μs and 6 μs.

For transformer bushings of U_m greater than 72,5 kV and less than 245 kV rating not subject to routine impulse tests (see 9.2) the test shall be performed on three bushings of the same design and same production batch.

It is permissible, after changing polarity, to apply some impulses of minor amplitude before the application of the test impulses. The time intervals between consecutive applications of the voltage shall be sufficient to avoid effects from the previous applications of voltage.

In the case of bushings for gas-insulated switchgear, special test requirements for chopped lightning test may be agreed upon between purchaser and supplier to cover the behaviour of the bushing concerning very fast transient voltage.

Voltage records shall be made for each impulse.

8.3.3 Acceptance

The bushings shall be considered to have passed the test, if

– no puncture occurs at either polarity, and
– the number of flashovers in air does not exceed two for each series of 15 impulses;

except for transformer bushings for which

– no oil-end flashover,
– not more than two flashovers in air at positive polarity, and
– no flashover in air at negative polarity

are permitted.

For gas-insulated bushings

– the number of disruptive discharges shall not exceed two for each series of 15 impulses;
– no disruptive discharges on non-self-restoring insulation shall occur.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

This is verified by at least five impulses without disruptive discharge following that impulse out of the series of 15 impulses of each polarity, which caused the last disruptive discharge. If this impulse is one of the last five out of the series of 15 impulses of each polarity, additional impulses shall be applied.

If disruptive discharges occur and for any reason evidence cannot be given during testing that the disruptive discharges were on self-restoring insulation, after the completion of the dielectric tests the bushing shall be dismantled and inspected. If punctures of non-self-restoring insulation are observed, the bushing has failed the test.

8.4 Dry or wet switching impulse voltage withstand test (SIL)

8.4.1 Applicability

The test is applicable to all bushings of U_{m} equal to or greater than 300 kV.

A dry test is applicable to indoor, indoor-immersed and completely immersed bushings, according to 3.15, 3.18 and 3.20.

The wet test is applicable to outdoor bushings, according to 3.16, 3.17 and 3.19.

In addition a dry test is applicable to all transformer bushings of U_{m} equal to or greater than 245 kV.

8.4.2 Test method and requirements

For these tests, IEC 60060-1 may be used. To simulate service conditions, the bushing shall be mounted on an earthed plane, radially extended from the axis of the bushing at least 0,4 L in every direction, L being the dry arcing distance of the bushing. The high-voltage connection shall extend in line with the axis of the bushing to a point at least 0,4 L above the top of the bushing. In the case of bushings where one end is immersed, the details of immersion shall be subject to agreement.

The magnitude of the test voltage is given in Table 4.

The bushing shall be subjected to

– 15 impulses of positive polarity, followed by
– 15 impulses of negative polarity

of the standard switching impulse 250/2 500 µs.

For transformer bushings the dry, negative polarity test shall be at 110 % of the rated SIL.

It is permissible, after changing polarity, to apply some impulses of minor amplitude before the application of the test impulses. The time intervals between consecutive applications of the voltage shall be sufficient to avoid effects from the previous application of voltage.

Voltage records shall be made of each impulse.

8.4.3 Acceptance

The bushing shall be considered to have passed the test if

– no puncture occurs at either polarity, and if
– the number of flashovers in air at either polarity does not exceed two in the series of 15 impulses;

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

except for transformer bushings for which

– no oil-end flashover, and

– not more than two flashovers in air at positive polarity, and

– no flashover in air at negative polarity are permitted.

For gas-insulated bushings

– the number of disruptive discharges shall not exceed two for each series of 15 impulses;

– no disruptive discharges on non-self-restoring insulation shall occur.

This is verified by at least five impulses without disruptive discharge following that impulse out of the series of 15 impulses of each polarity, which caused the last disruptive discharge. If this impulse is one of the last five out of the series of 15 impulses of each polarity, additional impulses shall be applied.

If disruptive discharges occur and for any reason evidence cannot be given during testing that the disruptive discharges were on self-restoring insulation, after the completion of the dielectric tests the bushing shall be dismantled and inspected. If punctures of non-self-restoring insulation are observed, the bushing has failed the test.

8.5 Thermal stability test

8.5.1 Applicability

The test is applicable to all partly or completely immersed bushings, according to 3.18, 3.19 and 3.20. The major insulation of these bushings consists of an organic material, intended for apparatus filled with an insulating medium, the operating temperature of which is equal to or above 60 °C and where U_m is greater than 300 kV for oil- and resin-impregnated paper bushings, and equal to or greater than 145 kV for other types of bushings.

The test may, however, be omitted if it can be demonstrated, based on the results of comparative tests or calculations, that the thermal stability of the bushing is assured.

8.5.2 Test method and requirements

The ends of the bushings, which are intended for immersion in oil, or another liquid-insulating medium, shall be immersed in oil. The temperature of the oil shall be maintained at the operating temperature of the apparatus ±2 K, except for transformer bushings where the oil temperature shall be 90 °C ± 2 °C. This temperature shall be measured by means of thermometers, immersed in oil about 3 cm below the surface, and about 30 cm from the bushing.

The ends of the bushings, which are intended for immersion in a gaseous insulating medium other than air at atmospheric pressure, shall be appropriately immersed in insulating gas at minimum pressure as defined in 3.29. The gas shall be maintained at a temperature agreed upon between purchaser and supplier.

The conductor losses corresponding to I_r shall be simulated by appropriate means. One method is to wrap a resistive insulated wire around a conductor dummy and to feed it by a suitable supply. The resistance of the wire and the current shall be adjusted in such a way as to produce the same losses as the final conductor.

The test voltage shall be

– U_m for bushings of U_m equal to or less than 170 kV,

– 0,8 U_m for bushings of U_m greater than 170 kV.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

The test shall not be started until thermal equilibrium between the oil and the bushing has been reached.

During the test, the dielectric dissipation factor shall be measured frequently and the ambient air temperature shall be recorded at each measurement.

The bushing has reached thermal stability when its dielectric dissipation factor shows no appreciable rising tendency, with respect to the ambient temperature, for a period of 5 h.

8.5.3 Acceptance

The bushing shall be considered to have passed the test if it reaches thermal stability and subsequently withstands dielectric routine tests without significant change from previous results.

8.6 Electromagnetic compatibility tests (EMC)

8.6.1 Emission test

8.6.1.1 Applicability

This test is applicable for all indoor and outdoor bushings having highest voltage for equipment equal to and above 123 kV.

8.6.1.2 Test method and requirements

The bushing shall be installed as stated in 7.3.

The flange and other normally earthed parts shall be connected to earth. Care should be taken to avoid influencing the measurements by earthed or unearthed objects near to the bushing and to the test and measuring circuits.

The bushing shall be dry and clean and at approximately the same temperature as the room in which the test is made. It should not be subjected to other dielectric tests within 2 h prior to the present test.

The test connections and their ends shall not be a source of radio interference voltage of higher values than those indicated below. The high-voltage connections shall extend in line with the bushing axis to a point at least 0,2 L above the top of the bushing, where L is the arcing distance of the bushing. The maximum diameter of this connection shall be half the diameter of the bushing head.

The measuring circuit shall comply with CISPR 18-2. The measuring circuit shall preferably be tuned to a frequency within 10 % of 0,5 MHz, but other frequencies in the range 0,5 MHz to 2 MHz may be used, the measuring frequency being recorded. The results shall be expressed in microvolts.

If measuring impedances different from those specified in CISPR publications are used, they shall be not more than 600 Ω nor less than 30 Ω, in any case the phase angle shall not exceed 20°. The equivalent radio interference voltage referred to 300 Ω can be calculated, assuming the measured voltage to be directly proportional to the resistance, except for bushings of large capacitance, for which a correction made on this basis may be inaccurate. Therefore, a 300 Ω resistance is recommended for bushings with earthed flanges.

The filter F shall have a high impedance at the measuring frequency, so that the impedance between the high-voltage conductor and earth is not appreciably shunted as seen from the bushing under test. This filter also reduces circulating radio-frequency currents in the test circuit, generated by the high-voltage transformer or picked up from extraneous sources. A

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

suitable value for its impedance has been found to be 10 000 Ω to 20 000 Ω at the measuring frequency.

It shall be ensured by suitable means that the radio interference background level (radio interference level caused by external field and by the high-voltage transformer when magnetised at the full test voltage) is at least 6 dB and preferably 10 dB below the specified radio interference level of the bushing to be tested. Calibration methods for the measuring instrument and for the measuring circuits are given in CISPR 16-1 and CISPR 18-2 respectively.

As the radio interference level may be affected by fibres or dust settling on the insulators, it is permitted to wipe the insulators with a clean cloth before taking a measurement. The atmospheric conditions during the test shall be recorded. It is not known what correction factors apply to radio interference testing but it is known that tests may be sensitive to high relative humidity and the results of the test may be open to doubt if the relative humidity exceeds 80 %.

The following test procedure shall be followed:

A voltage of 1,1 $U_m / \sqrt{3}$ shall be applied to the bushing and maintained for at least 5 min, U_m being the highest voltage for equipment. The voltage shall then be decreased by steps down to 0,3 $U_m / \sqrt{3}$, raised again by steps to the initial value and finally decreased by steps to 0,3 $U_m / \sqrt{3}$. At each step radio interference measurement shall be taken and the radio interference level, as recorded during the last series of voltage reductions, shall be plotted versus the applied voltage; the curve so obtained is the radio interference characteristic of the bushing. The amplitude of voltage steps shall be approximately 0,1 $U_m / \sqrt{3}$

8.6.1.3 Acceptance

The bushing shall be considered to have passed the test if the radio interference level at 1,1 $U_m / \sqrt{3}$ does not exceed 2 500 μV.

If it can be shown that the bushing, without external shielding, is partial discharge free, i.e. there is no discharge above the background noise level specified in 9.4.2, it can be considered to pass the emission test.

8.6.2 Immunity test

No test is required.

8.7 Temperature rise test

8.7.1 Applicability

The test is applicable to all types of bushings, excluding liquid-insulated bushings according to 3.4, unless it can be demonstrated by a calculation based on comparative tests that specified temperature limits are met.

8.7.2 Test method and requirements

Bushings, one or both ends of which are intended to be immersed in oil or another liquid-insulating medium, shall be appropriately immersed in oil at ambient temperature, except for transformer bushings, where the oil shall be maintained at a temperature of 60 K ± 2 K above the ambient air.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

NOTE 1 In some applications (e.g. generator transformer), the transformer top-oil temperature is often restricted to values below the normal IEC limits. Subject to agreement between manufacturer and purchaser, the standard oil temperature rise of 60 K may be reduced to reflect the real transformer top oil temperature.

Bushings with a conductor drawn into the central tube shall be assembled with an appropriate conductor, the cross-section of which shall conform to I_r. When the transformer oil is in communication with the bushing central tube, the oil level shall not exceed one-third of the height of the external part.

The end of bushings, which are intended for immersion in a gaseous insulating medium other than air at atmospheric pressure, shall normally be appropriately immersed in an enclosure insulated with gas at minimum pressure, according to 3.29, the gas being at ambient temperature at the beginning of the test.

Gas-insulated bushings shall be at ambient temperature at the beginning of the test.

For transformer bushings operating in air-insulated ducting, the air side shall be enclosed in an appropriate chamber. During the test, the air in the chamber shall be heated to 40 K ± 2 K above ambient air, either by self-heating or indirectly.

An appropriate number of thermocouples or other measuring devices shall, as far as possible, be placed along the bushing conductor, central tube and other current-carrying parts, as well as possibly on the flange or other fixing device, so as to determine the hottest spot of the bushing metal parts in contact with insulating material with reasonable accuracy.

The ambient air temperature shall be measured with lagged thermometers placed around the bushing at mid-height and at a distance of 1 m to 2 m from it.

NOTE 2 A satisfactory degree of lagging is obtained by placing the thermometers in oil-filled containers with a volume of approximately 0,5 l.

The temperature of the oil or gas shall be measured by means of thermometers placed at a distance of 30 cm from the bushing and, in the case of oil, 3 cm below the surface of the oil.

The test shall be carried out at I_r ± 2 % at rated frequency, all parts of the bushing being substantially at earth potential. If the frequency at the test differs from the rated frequency, the current may be adjusted to achieve equivalent losses.

Temporary external connections used for this test shall be of such dimensions that they do not contribute unduly to the cooling of the bushing under test. These conditions are assumed to be fulfilled if the temperature decrease from the bushing termination to a point at 1 m distance along the connection does not exceed 5 K, or the thermal gradient along the external conductor is 5 K per metre for short connections.

The test shall be continued until the temperature rise is sensibly constant. This is considered to be the case if the temperature does not vary more than ± 1 K during 1 h.

In order to provide data for thermal modelling of bushings, e.g. GIS-outdoor bushings, operating under different current loading and ambient temperature conditions, it is recommended by agreement to carry out overload tests and to record time functions of all temperature readings.

To avoid destruction of the insulation in the case of bushings with the conductor embedded in the insulating material, the temperature of the hottest spot may, by agreement between purchaser and supplier, be determined as follows:

The maximum conductor temperature θ_M is deduced by equations (1) and (2):

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

$$\theta_M = \frac{\left[3\left(\frac{R_C}{R_A}\times\frac{1}{\alpha}+\theta_A\right)-\frac{3}{\alpha}-\theta_1-\theta_2\right]^2-[\theta_1\times\theta_2]}{3\left[2\left(\frac{R_C}{R_A}\times\frac{1}{\alpha}+\theta_A\right)-\frac{2}{\alpha}-\theta_1-\theta_2\right]} \quad (1)$$

$$M = \left[3\left(\frac{R_C}{R_A}\times\frac{1}{\alpha}+\theta_A\right)-\frac{3}{\alpha}-\theta_1-\theta_2\right]-\theta_M \quad (2)$$

If the result M of equation (2) is positive, the higher temperature of the conductor is θ_M, and it is situated in any point of the conductor between the two extremities. If the result M is negative or zero, the higher temperature of the conductor is θ_2.

The point of maximum conductor temperature lies at distance L_M from the cooler end.

$$L_M = \frac{L}{1 \pm \sqrt{\frac{\theta_M - \theta_2}{\theta_M - \theta_1}}} \quad (3)$$

where

α is the temperature coefficient of resistance at which conductor resistance R_A is measured;

θ_1 is the measured temperature at the cooler end of the conductor, in degrees Celsius;

θ_2 is the measured temperature at the hotter end of the conductor, in degrees Celsius;

θ_A is the uniform reference temperature of the conductor, in degrees Celsius;

θ_M is the maximum temperature of conductor, in degrees Celsius;

L is the length of conductor;

L_M is the distance from the cooler end of the conductor to the point of highest temperature;

R_A is the resistance between the ends of the conductor at uniform temperature θ_A;

R_C is the resistance of the conductor carrying I_r after stabilisation of temperature.

8.7.3 Acceptance

The bushing shall be considered to have passed the test if the permissible temperature limits in accordance with 4.8 are met, and if there is no visible evidence of damage.

8.8 Verification of thermal short-time current withstand

8.8.1 Applicability

The verification is applicable to all types of bushings.

8.8.2 Verification method and requirements

The ability of the bushings to withstand the standard value of I_{th} shall be demonstrated by the following calculation:

$$\theta_f = \theta_o + \alpha\frac{I_{th}^2}{S_t \times S_e}\times t_{th} \quad (4)$$

where

θ_f is the final temperature of the conductor, in degrees Celsius;

θ_o is the temperature of the conductor in degrees Celsius, under continuous operation with I_r at an ambient temperature of 40 °C;

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

α is 0,8 (K/s)/(kA/cm^2)^2 for copper, 1,8 (K/s)/(kA/cm^2)^2 for aluminium;

t_{th} is the rated duration as specified, in seconds;

I_{th} is the standard value as specified above, in kiloamperes;

S_e is the equivalent cross-section, in square centimetres, taking account of skin effect;

S_t is the total cross-section, in square centimetres corresponding to I_r.

For other materials the value of α used may be derived from the formula given below:

$$\alpha = \frac{\rho}{c \times \delta} \tag{5}$$

where

ρ is the resistivity of conductor, in μΩ·cm

c is the specific heat of conductor, in J/(g·K)

δ is the density of the conductor, in g/cm^3.

Values of ρ, c and δ used in Equation (5) should be correct at an average temperature of 160 °C.

In circular conductors of diameter D (cm), the equivalent cross-section shall take skin effect into account. The skin effect may be determined by considering a depth of penetration d of current derived from the formula given below:

$$d = \frac{1}{2\pi} \times \sqrt{\frac{\rho \times 10^3}{f}} \text{ cm} \tag{6}$$

where f is the rated frequency, in hertz.

Therefore:

$$S_e = \pi d(D - d) \tag{7}$$

8.8.3 Acceptance

The bushing shall be considered to be able to withstand the standard value of I_{th} if θ_f does not exceed 180 °C.

If the calculated temperature exceeds this limit, the ability of the bushing to withstand the standard value of I_{th} shall be demonstrated by a test. The test shall be carried out as follows:

– the bushing can be installed in any position;

– a current of at least the standard value of I_{th} and of duration t_{th}, in accordance with 4.3, shall be passed through the conductor, the cross-section of which shall conform to the rated current I_r.

Before the test, the bushing shall carry a current that produces the same stable conductor temperature as the rated current at maximum ambient temperature.

The bushing shall be considered to have passed the test if there is no visual evidence of damage and if it has withstood a repetition of all routine tests without significant change from the previous results.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

8.9 Cantilever load withstand test

8.9.1 Applicability

The test is applicable to the air side of bushings.

8.9.2 Test method and requirements

The test values shall be in accordance with Table 1. For bushings according to 3.21, cantilever withstand load test values shall be restricted to:

300 N for $I_r \leq 800$ A

1 000 N for $I_r > 800$ A

The bushing shall be completely assembled and, if applicable, filled with the insulating medium specified. Unless otherwise stated, the bushing shall be installed vertically and its flange rigidly fixed to a suitable device.

A pressure equal to 1 bar ± 0,1 bar above the maximum operating pressure shall be applied inside the bushing, and also inside the central tube in the case of a bushing with a hollow stem with a gasket joint at the terminal to be tested.

For bushings with internal bellows, the pressure shall be stated by the supplier.

For bushings according to 3.5, 3.6 and 3.7 the test shall be performed with an internal gas pressure equal to the rated filling pressure.

For safety reasons on bushings with porcelain envelope the test may be performed without internal gas pressure and the relevant mechanical stress shall be replaced by an equivalent additional moment calculated in accordance with IEC 62155, Annex D.

The load shall be applied perpendicular to the axis of the bushing at the mid-point of the terminal for 60 s. The load shall be in the direction which will cause the highest stress at the critical parts of the bushing in normal operation.

For bushings with more than one air side terminal, it is generally sufficient to apply the load to one terminal only.

For wall bushings the test load shall be applied to each end of the bushing separately.

Bushing types as defined in 3.5, 3.6 and 3.7 shall pass the leakage test according to 9.8 after the cantilever test.

8.9.3 Acceptance

The bushing shall be considered to have passed the test if there is no evidence of damage (deformation, rupture or leakage) and if it has withstood a repetition of all routine tests without significant change from previous results.

8.10 Tightness test on liquid-filled, compound-filled and liquid-insulated bushings

8.10.1 Applicability

The test is applicable to all liquid-filled or compound-filled and liquid-insulated bushings, according to 3.2 and 3.4, except those bushings where the liquid filling has a viscosity equal to or greater than 5×10^{-4} m^2/s at 20 °C.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---
Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

8.10.2 Test method and requirements

The bushing shall be assembled as for normal operation, filled with the liquid specified and placed in a suitably heated enclosure, maintained at a temperature of 75 °C for 12 h. For bushings where this is not possible, alternative methods may be agreed between purchaser and supplier.

A minimum pressure of 1 bar ± 0,1 bar above the maximum internal operating pressure according to 3.30, shall be maintained inside the bushing during the test.

For bushing with internal bellows, the pressure shall be stated by the supplier.

8.10.3 Acceptance

The bushing shall be considered to have passed the test if there is no evidence of leakage. The method of detection shall be the one described in IEC 60068-2-17, Annex C, Clause C.2.

8.11 Internal pressure test on gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings

8.11.1 Applicability

The test is applicable to all gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings, according to 3.5, 3.6 and 3.7, where the insulating envelope is of ceramic or composite material and intended for use with a permanent gas pressure higher than 0,5 bar gauge, having an internal volume equal to or greater than 1 l (1 000 cm^3).

8.11.2 Test method and requirements

The test is performed on the insulating envelope in accordance with IEC 61462 and IEC 62217 or IEC 62155 where appropriate.

The insulating envelope shall be equipped with its fixing devices and fittings, preferably as in the intended application, and with additional plates with valve and pressure gauge for the test.

The insulator shall be completely filled with an appropriate medium. The pressure shall be increased steadily without producing any shock.

Other components should be tested to their appropriate standards.

8.11.3 Acceptance

The insulator shall be considered to have passed the test if there is no evidence of cracks, neither in the ceramic nor composite nor in the fittings. Where there is no evidence of the above, the test is considered satisfactory even though the fittings may have been stressed beyond their yield point.

8.12 External pressure test on partly or completely gas-immersed bushings

8.12.1 Applicability

The test is applicable to all gas-immersed bushings, according to 3.18 to 3.20, intended for use at a permanent gas pressure higher than 0,5 bar gauge.

8.12.2 Test method and requirements

The test shall be carried out before the tightness test according to 9.9. The bushing shall be assembled as far as necessary for the test, but there shall not be any internal gas pressure. The end for immersion shall be mounted in a tank as for normal operation at ambient

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

temperature. The tank shall be completely filled with an appropriate liquid. A pressure of three times the external maximum operating pressure (see 3.31) shall be applied for 1 min.

8.12.3 Acceptance

The bushing shall be considered to have passed the test if there is no evidence of mechanical damage (e.g. deformation, rupture).

8.13 Verification of dimensions

8.13.1 Applicability

This verification is applicable to all types of bushings.

8.13.2 Acceptance

The dimensions of the bushing under test shall be in accordance with the relevant drawings, particularly with regard to any dimensions to which special tolerances apply and to details affecting interchangeability.

9 Routine tests

The order or possible combination of the tests is at the discretion of the supplier, except if the tests include impulse voltage withstand tests, which shall be made before the dry power-frequency voltage withstand test (see 9.3). Before and after the dielectric routine tests, measurements of dielectric dissipation factor ($\tan \delta$) and capacitance (see 9.1) shall be carried out in order to check whether damage has occurred. The measurement of partial discharge quantity (see 9.4) shall be made before the last measurement of $\tan \delta$.

9.1 Measurement of dielectric dissipation factor ($\tan \delta$) and capacitance at ambient temperature

9.1.1 Applicability

The measurement is only applicable to capacitance-graded bushings according to 3.14.

9.1.2 Test method and requirements

During this test, the bushing conductor shall not carry current. The measurement shall be made at an ambient temperature of between 10 °C and 40 °C by means of a Schering bridge, or other similar equipment, at least at:

– 1,05 $U_m / \sqrt{3}$ for bushings of $U_m \leq 36$ kV;

– 1,05 $U_m / \sqrt{3}$ and U_m for bushings of $U_m \geq 52$ kV.

The measurement shall not be made at a voltage exceeding the dry power-frequency withstand voltage.

A measurement of $\tan \delta$ and capacitance at a voltage between 2 kV and 20 kV shall be carried out as a reference value for measurements carried out later when the bushing is in operation.

9.1.3 Acceptance

The maximum permissible values of $\tan \delta$ and for the increase of $\tan \delta$ with voltage are given in Table 8. If the values are not acceptable, it is permitted to wait for 1 h before repeating the test.

The actual temperature during the measurement shall be stated in the test report.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Table 8 – Maximum values of tan δ and tan δ increase (see 9.1)

Type of bushing insulation	Maximum value of tan δ	
	Value at 1,05 U_m / $\sqrt{3}$	Increase between 1,05 U_m / $\sqrt{3}$ and U_m [a]
Oil-impregnated paper	0,007	0,001
Resin-impregnated paper	0,007	0,001
Resin-bonded paper	0,015	0,004
Gas impregnated film	0,005	0,001
Gas	0,005	0,001
Cast or moulded resin	0,015	0,004
Combined	[b]	
Other	[b]	

[a] Not applicable to bushings where $U_m \leq 36$ kV.

[b] The supplier shall indicate the values.

9.2 Dry lightning impulse voltage withstand test (BIL)

9.2.1 Applicability

The test as a routine test is applicable only for transformer bushings with U_m equal to or greater than 245 kV.

9.2.2 Test method and requirements

The test values shall be as follows:

– five full lightning impulses of negative polarity shall be applied or, by contractual agreement;

– one full lightning impulses of negative polarity followed by:

– two chopped lightning impulses of negative polarity at 110 % of the full wave value, followed by:

– two full lightning impulses of negative polarity

shall be applied.

For test conditions, 8.3 shall be followed.

9.2.3 Acceptance

For criteria, 8.3 shall be followed.

9.3 Dry power-frequency voltage withstand test

9.3.1 Applicability

The test is applicable to all types of bushings. For gas-insulated bushings according to 3.6, which are intended to be used as an integral part of a gas-insulated apparatus, of which the gas filling is common to that of the bushing, this test shall be a type test only, provided the insulating envelope of the bushing has been subjected to an adequate electrical test (e.g. wall test of the porcelain) before assembly.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

9.3.2 Test method and requirements

The test shall be made or repeated after any impulse voltage withstand test, if required in a series of tests.

The magnitude of the test voltage is given in Table 4. Bushings for transformers shall be tested at least at 110 % of the induced and/or applied test voltage level of the transformer. If the transformer test level is not stated the bushing may be tested at the other bushings level given in Table 4.

The test duration shall be 60 s, independent of frequency.

9.3.3 Acceptance

The bushing shall be considered to have passed the test if no flashover or puncture occurs. If there is a puncture, the bushing shall be considered to have failed the test. For capacitance graded bushings it is assumed that a puncture has occurred if the capacitance measured after the test rises above the capacitance previously measured by about the amount attributable to the capacitance of one layer. If a flashover occurs the test shall be repeated once only. If, during the repetition of the test, no flashover or puncture occurs, the bushing shall be considered to have passed the test.

9.4 Measurement of partial discharge quantity

9.4.1 Applicability

The measurement shall be carried out on all types of bushings, except for bushings according to 3.6 and 3.11, for which this test shall be a type test only, provided the insulating envelope of the bushing has been subjected to an adequate electrical test (e.g. wall test of the porcelain) before assembly.

9.4.2 Test method and requirements

The test shall be made in accordance with IEC 60270.

When, as a substitute for the measurement of partial discharge quantity, the radio interference voltage, expressed in microvolts, is measured by means of a radio interference meter, the method of calibration to be used is that described in IEC 60270.

Unless otherwise stated, the elements of the test circuit shall be such that background noise and sensitivity at the measuring circuit enable a partial discharge quantity of 5 pC or 20 % of the specific value to be detected, whichever value is higher.

The measurement shall be made after the dry power-frequency withstand voltage test (see 9.3) at the values given in Table 4 during the decrease of the voltage from the dry power-frequency withstand test level; depending on test facilities, the voltage level could be reduced to 2 $U_{\mathrm{m}}/\sqrt{3}$ by agreement between the manufacturer and purchaser.

9.4.3 Acceptance

The maximum acceptable values of partial discharge quantity, according to the type of bushing after the last dielectric test, shall be as given in Table 9.

When the measured values at 1,5 $U_{\mathrm{m}}/\sqrt{3}$ are greater than those indicated in Table 9, the supplier may extend the test for a period of up to 1 h to check if the values return to the allowed limits. If the partial discharge at the end of the period is within limits, then the bushing shall be accepted.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Partial discharge measurements before dielectric tests may be requested for information purpose only, and are not subject to guarantee.

Table 9 – Maximum values of partial discharge quantity (see 8.2 and 9.4)

Type of bushing insulation	Maximum discharge quantity pC measured at		
	U_m [a]	1,5 U_m / $\sqrt{3}$ [b]	1,05 $U_m/\sqrt{3}$ and 1,1 $U_m/\sqrt{3}$ [e]
Oil-impregnated paper	10	10	5
Resin-impregnated paper	10	10	5
Resin-bonded paper [c]	–	250	100
– with metal layers	[d]	[d]	300[c]
Gas-impregnated film	10	10	5
Gas	–	10	5
Cast and moulded resin	–	10	5
Combined		[d]	
Other		[d]	

[a] Only applicable to transformer bushings.

[b] For switchgear bushings, the discharge quantities may be measured at a lower voltage, based on agreement between purchaser and supplier.

[c] For resin-bonded paper bushings for use on power transformers, lower discharge quantities may be agreed between purchaser and supplier.

[d] The maximum permissible values of discharge quantity shall be agreed between purchaser and supplier.

[e] The value at 1,1 $U_m/\sqrt{3}$ refers to 8.2 only.

9.5 Tests of tap insulation

9.5.1 Applicability and test requirements

The following power-frequency voltage withstand test with respect to earth shall be applied to all taps:

– test tap (see 3.37): at least 2 kV;

– voltage tap (see 3.38): twice the rated voltage of the voltage tap but at least 2 kV.

The test duration is 60 s, independent of frequency.

After the test $\tan\delta$ and capacitance with respect to earth shall be measured at least at 1 kV.

9.5.2 Acceptance

The tap shall be considered to have passed the test if no flashover or puncture occurs.

For test taps the values of $\tan\delta$ and capacitance shall be in accordance with 4.10.

9.6 Internal pressure test on gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings

9.6.1 Applicability

The test is applicable to all gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings according to 3.5, 3.6 and 3.7.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

9.6.2 Test method and requirements

The bushing, complete as for normal operation, shall be filled with gas at the choice of the supplier. A pressure of (1,5 × maximum operating pressure) bar ± 0,1 bar shall be produced inside the bushing and maintained for 15 min at ambient temperature.

In the case of bushings where the insulating envelope is made of ceramic or composite material and intended to be operated under pressure, the unassembled insulating envelope shall be previously tested in accordance with IEC 62155 or IEC 61462 and IEC 62217, where appropriate. Other components should be tested to their appropriate standards.

9.6.3 Acceptance

The bushing shall be considered to have passed the test if there is no evidence of mechanical damage (e.g. deformation, rupture).

9.7 Tightness test on liquid-filled, compound-filled and liquid-insulated bushings

9.7.1 Applicability

The test is applicable to all liquid-filled or compound-filled and liquid-insulated bushings according to 3.2 and 3.4, except those bushings where the liquid filling has a viscosity equal to or greater than 5×10^{-4} m^2/s at 20 °C.

9.7.2 Test method and requirements

The bushing shall be assembled as for normal operation, filled with the liquid specified at ambient temperature of not less than 10 °C, except bushings for transformers, which shall be filled with the liquid having a minimum temperature of 60 °C. A pressure of 1 bar ± 0,1 bar above the maximum operating pressure shall be applied inside the bushing as soon as possible after filling and maintained for at least 12 h.

For bushings with internal bellows, the pressure shall be stated by the supplier.

9.7.3 Acceptance

The bushing shall be considered to have passed the test if there is no evidence of leakage. The method of detection shall be as described in IEC 60068-2-17, Annex C, Clause C.2.

It is advisable to carry out a preliminary tightness test on components for which the test is considered useful. Special consideration may be necessary for bushings, one or both ends of which are intended to be immersed in a gaseous medium.

9.8 Tightness test on gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings

9.8.1 Applicability

The test is applicable to all gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings, according to 3.5 to 3.7 and 3.18 to 3.20.

For gas-insulated bushings, intended to form an integral part of gas-insulated equipment, and of which assembly is intended to be achieved on site, it is permitted to replace the tightness test on the assembled bushing by a tightness test on each component, completed by a tightness test on each sealing assembly. The sealing assembly method shall be agreed upon between purchaser and supplier.

9.8.2 Test method and requirements

The bushings shall be assembled as for normal operation and filled with gas at maximum operating pressure at ambient temperature. The bushing shall be enclosed in an envelope, for

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

example a plastic bag. The concentration of gas in the air inside the envelope shall be measured twice at an interval equal to or greater than 2 h.

Alternative methods of leakage detection may be used by agreement between purchaser and supplier.

It is advisable to carry out a preliminary tightness test on such components as is considered useful.

9.8.3 Acceptance

The bushing shall be considered to have passed the test if the calculated escape of gas is equal to or less than 0,5 % per year of the equivalent amount of gas contained inside the bushing in service.

9.9 Tightness test at the flange or other fixing device

9.9.1 Applicability

The test is applicable to all partly or completely immersed bushings, according to 3.18 to 3.20 intended to be used as an integral part of an apparatus, such as switchgear or transformers, where the bushings contribute to the sealing of the complete apparatus.

The test shall be a type test only in the case of bushings with gaskets of which the final placing is not carried out by the supplier, for example the top cap gasket of draw-through conductor transformer bushings.

The test may be omitted for transformer bushings fitted with a one-piece metal flange, provided the flange has been subjected to a preliminary tightness test, and the bushing has passed the type test in accordance with 8.10 (for example oil-impregnated paper bushings) or the routine test in accordance with 9.7, or the end to be immersed does not include any gaskets.

9.9.2 Test method and requirements

The bushing shall be assembled at least as far as necessary for the test. The end for immersion shall be mounted on a tank as for normal operation at ambient temperature.

For oil-immersed bushings, the tank shall be filled with air or any suitable gas at a relative pressure of 1,5 bar ± 0,1 bar and maintained for 15 min, or with oil at a relative pressure of 1 bar ± 0,1 bar maintained for 12 h.

For gas-immersed bushings, the tank shall be filled with gas at maximum operating pressure at ambient temperature. The external part of the bushing shall be enclosed in an envelope, where necessary. Liquid-containing bushings shall remain empty and shall have an opening for free gas circulation within the envelope. The concentration of gas in the air inside the envelope shall be measured twice at an interval equal to or greater than 2 h.

9.9.3 Acceptance

An oil-immersed bushing shall be considered to have passed the test if there is no evidence of leakage detected by visual inspection (see IEC 60068-2-17, Annex C, Clause C.2).

Gas-immersed bushings shall be considered to have passed the test, if:

– for all parts of a bushing where the leak gas escapes directly to the environment, the calculated total escape of gas is equal to or less than 0,5 % per year of the amount of gas contained in the adjacent switchgear compartment;

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

– for all parts of a liquid-containing bushing, especially liquid-insulated and oil-impregnated paper bushings, where the leak gas penetrates into the inside of the bushing, the calculated total leak rate (see 3.33) is equal to or less than 0,05 Pa × cm^3/s × l (5 × 10^{-7} bar × cm^3/s × l), "l" being the quantity of liquid inside the bushing in litres;

– for all parts of a bushing, the other end of which is designed for a transformer, where the leak gas penetrates directly into the transformer, the calculated total leak rate (see 3.33) is equal to or less than 10 Pa × cm^3/s (10^{-4} bar × cm^3/s).

9.10 Visual inspection and dimensional check

9.10.1 Applicability

The inspections are applicable to all types of bushings and shall be made on the complete bushings before release. The visual inspection shall be made on each bushing.

9.10.2 Acceptance

No surface defects shall be tolerated which could affect the satisfactory performance in service.

Dimensions of parts for assembling and/or interconnection shall be in accordance with the relevant drawings, checked by sampling.

10 Requirements and tests for bushings of highest voltages for equipment equal to or less than 52 kV made of ceramic, glass or inorganic materials, resin or combined insulation

This clause is applicable to all bushings where the major insulation consists of ceramic, glass or analogous inorganic materials, cast and moulded resin, or combined insulation, as defined in 3.11 to 3.13.

10.1 Temperature requirements

Bushings that may be required to withstand the drying process of the apparatus on which they are mounted, shall be able to withstand a temperature of 140 °C for 12 h without mechanical or electrical damage, provided that no external forces are applied.

10.2 Level of immersion medium

For transformer bushings, the supplier shall specify the minimum depth of immersion medium.

10.3 Markings

Each bushing shall carry the following marking:

- supplier's name or trade mark;
- year of manufacture;
- type or minimum nominal creepage distance or highest voltage for equipment (U_m);
- rated current (I_r) or maximum current if the bushing is supplied without conductor.

NOTE It may sometimes be difficult to provide all the above markings on small bushings and, in this case, other markings may be agreed between supplier and purchaser.

An example of a marking plate is given in Figure 4.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

10.4 Test requirements

The test conditions and requirements shall be equivalent to Clauses 7, 8 and 9. Reference is made in parenthesis to the relevant sub-clause.

10.4.1 Type tests

The following tests are applicable to all bushings:

- dry or wet power-frequency voltage withstand test (8.1);
- dry lightning impulse voltage withstand test (8.3);
- temperature rise test (8.7);
- verification of thermal short-time current withstand (8.8);
- cantilever load withstand test (8.9);
- verification of dimensions (8.13).

For bushings according to 3.21, cantilever withstand load test values are reduced.

For these bushings, precautions shall be taken to ensure that the end, which is designed to receive the movable part, will withstand the relevant test voltage, where applicable.

Table 10 – Applicability of type tests for bushings according to Clause 10 (see 10.4.1)

Short title	Applicable to bushing type	Bushing defined in subclause
AC dry	Indoor, outdoor immersed and completely immersed	3.11
AC wet	All outdoors	3.11 to 3.13
Lightning	All	3.11 to 3.13, 3.21
Temperature rise	All	Ditto
Thermal short time	All, if calculated temperature is too high	Ditto
Cantilever	All (reduced requirement for type defined in 3.21)	Ditto
Dimensions	All	Ditto

10.4.2 Routine tests

The following tests are applicable to all bushings except for ceramic and glass bushings (3.11), where only visual inspection and dimensional checks are applicable:

- dry power-frequency voltage withstand test (9.3);
- measurement of the partial discharge quantity (9.4);
- tests of tap insulation (9.5), if applicable;
- visual inspection and dimensional check (9.10).

Tables 10 and 11 show the applicability of the tests to the various types of bushings.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Table 11 – Applicability of routine tests for bushings according to Clause 10 (see 10.4.2)

Short title	Applicability to bushing type	Bushing defined in subclause
AC dry	All, except ceramic and glass as in 3.11	3.12, 3.13, 3.21
Partial discharge	Ditto	Ditto
Tap	Ditto, with a tap	Ditto
Visual and dimensions	All	3.11 to 3.13, 3.21

11 Recommendations for transport, storage, erection, operation and maintenance

It is essential that the transport, storage and installation of bushings, as well as their operation and maintenance in service, be performed in accordance with instructions given by the manufacturer.

Consequently, the manufacturer should provide instructions for the transport, storage, installation, operation and maintenance of bushings. The instructions for the transport and storage should be given at a convenient time before delivery, and the instructions for the installation, operation and maintenance should be given by the time of delivery at the latest.

It is impossible, here, to cover in detail the complete rules for the installation, operation and maintenance of each one of the different types of apparatus manufactured, but the following information is given relative to the most important points to be considered for the instructions provided by the manufacturer.

11.1 Conditions during transport, storage and installation

A special agreement should be made between manufacturer and user if the services conditions defined in the order, cannot be guaranteed during transport and storage. Special precautions may be essential for the protection of insulation during transport, storage and installation, and prior to energising, to prevent moisture absorption due, for instance, to rain, snow or condensation. Vibrations during transport should be considered. Appropriate instructions should be given.

Gas impregnated and gas-insulated bushings should be filled to a pressure sufficient to maintain positive pressure during transportation. A factory filling pressure of $1{,}3 \times 10^5$ Pa at 20 °C is appropriate for all temperature categories. If sulphur hexafluoride is used for filling the bushing during transportation it should comply with IEC 60376.

11.2 Installation

For each type of bushing the instructions provided by the manufacturer should at least include the items listed below.

11.3 Unpacking and lifting

Required Information for unpacking and lifting safely, including details of any special lifting and positioning devices necessary should be given.

At the arrival on site and before the final filling, the bushing should be checked according to the manufacturer instructions. For gas impregnated and gas insulated bushings, the gas pressure measured at ambient temperature should be above the atmospheric pressure.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

11.4 Assembly

When the bushing is not fully assembled for transport, all transport units should be clearly marked. Drawings showing assembly of these parts should be provided with the bushing.

11.4.1 Mounting

Instructions for mounting of bushing, these instructions should indicate:

- the total mass of the bushing;
- the mass of the bushing (or heaviest part if to be assembled on site) if exceeding 100 kg;
- the centre of gravity.

The gas impregnated and gas insulated bushings should be filled with the specified gas, for example new sulphur hexafluoride complying with IEC 60376. The pressure of the gas at the end of filling, at the standard atmospheric air conditions (20 °C and 101,3 kPa), should be the rated filling pressure.

11.4.2 Connections

Instructions should include information on:

- connection of conductors, comprising the necessary advice to prevent overheating and unnecessary strain on the bushing and to provide adequate clearance distances;
- connection of any auxiliary circuits ;
- connection of liquid or gas systems, if any, including size and arrangement of piping ;
- connection for earthing.

11.4.3 Final installation inspection

Instruction should be provided for inspection and tests that should be made after the bushing has been installed and all connections have been completed.

These instructions should include:

- a schedule of recommended site tests to establish correct operation;
- procedures for carrying out any adjustment that may be necessary to obtain correct operation;
- recommendations for any relevant measurements that should be made and recorded to help with future maintenance decisions ;
- instructions for final inspection and putting into service.

The results of the tests and inspection should be recorded in a commissioning report.

Gas impregnated and gas insulated bushings should be submitted to the following final checking:

– Measurement of gas pressure - the pressure of the gas measured at the end of filling and standard atmospheric air conditions (20 °C and 101,3 kPa) should be not less than the minimum functional pressure and not greater than the rated filling pressure of gas for insulation.

– Measurement of the dew point - the gas dew point at rated filling pressure should not exceed – 5 °C when measured at 20 °C. Adequate corrections should be applied for measurement at the other temperatures.

– Enclosure tightness check - The check should be performed with the probing method for closed pressurised systems as specified for the routine test (see 9.8). The check should be started at least one hour after the filling of the bushing in order to reach a stabilised

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

leakage flow. The check can be limited to gaskets, over pressure device, valves, terminals, manometers, temperature sensors, using a suitable leak detector.

11.5 Operation

The instructions given by the manufacturer should contain the following information:

- a general description of the equipment with particular attention to the technical description of its characteristics and all operation features provided, so that the user has an adequate understanding of the main principles involved ;
- a description of the safety features of the equipment and their operation;
- as relevant, a description of the action to be taken to manipulate the equipment for maintenance and testing.

11.6 Maintenance

11.6.1 General

The effectiveness of maintenance depends mainly on the way instructions are prepared by the manufacturer and implemented by the user

11.6.2 Recommendation for the manufacturer

a) The manufacturer should issue a maintenance manual including the following information:
   1) schedule maintenance frequency;
   2) detailed description of the maintenance work;
      – recommended place for the maintenance work (indoor, outdoor, in factory, on site,...);
      – procedures for inspection, diagnostic tests, examination, overhaul, function check out (e.g. limits of values and tolerances);
      – reference to drawings;
      – reference to part numbers (when applicable);
      – use of special equipment or tools (cleaning and degreasing agents);
      – precautions to be observed (e.g.; cleanliness).
   3) comprehensive drawings of the details of the bushing important for maintenance, with clear identification (part number and description) of assemblies, sub-assemblies and significant parts;

NOTE Expended detail drawing which indicate the relative position of components in assemblies and subassemblies are a recommended illustration method.

   4) list of recommended spare-parts (description, reference number quantities) and advice for storage;
   5) estimate of active scheduled maintenance time;
   6) how to proceed with the equipment at the end of its operating life, taking into consideration environmental requirements.

b) The manufacturer should inform the users of a particular type of bushing about corrective actions required by possible systematic defects and failures.

c) Availability of spares: The manufacturer should be responsible for ensuring the continued availability of recommended spare parts required for maintenance for a period not less than 10 years from the date of the final manufacture of the bushing.

11.6.3 Recommendations for the user

a) If the user wishes to carry out his own maintenance, he should ensure that his staff has sufficient qualification as well as a detailed knowledge of the bushing.

b) The user should record the following information:

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

- the serial number and the type of the bushing;
- the date when the bushing is put in service;
- the results of all measurements and tests including diagnostic tests carried out during the life of the bushing ;
- dates and extent of the maintenance work carried out ;
- the history of service, records of the bushing measurements during and following a special operating condition (e.g. fault and post fault operating state) ;
- references to any failure report.

c) In case of failure and defects, the user should make a failure report and should inform the manufacturer by stating the special circumstances and measures taken. Depending upon the nature of the failure, an analysis of the failure should be made in collaboration with the manufacturer.

d) In case of disassembling for reinstallation in the future, the user must record the time and the storage conditions.

11.6.4 Failure report

The purpose of the failure report is to standardise the recording of bushing failures with the following objectives:

- to describe the failure using a common terminology ;
- to provide data for the user statistics ;
- to provide a meaningful feedback to the manufacturer ;

The following gives guidance on how to make a failure report.

A failure report should include the following whenever such data is available:

a) Identification of the bushing, which failed:
– substation name;
– identification of the bushing (manufacturer, type, serial number, ratings);
– bushing family (oil, resin or SF6 insulation,);
– location (indoor, outdoor).
b) History of the Bushing:
– history of the storage;
– date of commissioning of the equipment
– date of failure/defect;
– date of last maintenance;
– date of the last visual checking of the oil level indicator
– details of any changes made to the equipment since manufacture;
– condition of the bushing when the failure/defect was discovered (in service, maintenance, etc.).
c) Identification of the sub-assembly/component responsible for the primary failure/defect:
– high-voltage stressed components;
– tapping;
– other components.
d) Stresses presumed contributing to the failure/defect
– environmental conditions (temperature, wind, snow, ice, pollution, lightning, etc.);
– grid conditions (switching operations, failure of other equipment…);
– others.
e) Classification of the failure/defect
– major failure;
– minor failure;
– defect.
f) Origin and cause of the failure/defect

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

– origin (mechanical, electrical, tightness etc.);
– cause in the opinion of the person having established the report (design, manufacture, inadequate instructions, incorrect mounting, incorrect maintenance, stresses beyond those specified, etc.).
g) Consequences of the failures or defect
– equipment down-time;
– time consumption for repair;
– labour cost;
– spare parts cost.

A failure report may include the following information:

- drawings, sketches ;
- photographs of defective components ;
- single-line station diagram ;
- records or plots ;
- references to maintenance manual.

12 Safety

High-voltage equipment can be safe only when installed in accordance with the relevant installations rules, and used and maintained in accordance with the manufacturer's instructions.

High-voltage equipment is normally only accessible by instructed persons. It should be operated and maintained by skilled persons. When unrestricted access is available to bushings, additional safety features may be required.

The following specifications of this standard provide personal safety measures for equipment against various hazards:

12.1 Electrical aspects

- insulation of the isolating distance
- earthing (indirect contact)
- IP coding (direct contact)

12.2 Mechanical aspects

- pressurised components
- mechanical impact protection

12.3 Thermal aspects

- flammability

13 Environmental aspects

The need to minimise the impact of the natural environment of bushings during all phases of their life is now recognised.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

IEC Guide 109 gives guidance in this respect in term of life cycle impacts and recycling and disposal at the end of life.

The manufacturer should specify information regarding the relation between operation during service life, dismantling of the equipment and environmental aspects.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Bibliography

IEC 60050(421), *International Electrotechnical Vocabulary – Part 421: Power transformers and reactors*

IEC 60050(471), *International Electrotechnical Vocabulary – Part 471: Insulators*

IEC 60050(604), *International Electrotechnical Vocabulary – Part 604: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation*

IEC 60076-1, *Power transformers – Part 1: General*

IEC 60076-2, *Power transformers – Part 2: Temperature rise*

IEC 60076-3:2000, *Power transformers – Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air*

IEC 60296, *Fluids for electrotechnical applications – Unused mineral insulating oils for transformers and switchgear*

IEC 60507, *Artificial pollution tests on high-voltage insulators to be used on a.c. systems*

IEC 60517, *Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages of 72,5 kV and above*

IEC 60694, *Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards*

IEC 60836, *Specification for unused silicone insulating liquids for electrotechnical purposes*

IEC 60867, *Insulating liquids – Specifications for unused liquids based on synthetic aromatic hydrocarbons*

IEC 60943:1998, *Guidance concerning the permissible temperature rise for parts of electrical equipment, in particular for terminals*

IEC 61464, *Insulated bushings – Guide for the interpretation of dissolve gas analysis (DGA) in bushings where oil is the impregnating medium of the main insulation (generally paper)*

IEC 61639, *Direct connection between power transformers and gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages of 72,5 kV and above*

IEC 62271-203:2003, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 203: Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV*

_____

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 62
INTRODUCTION 64
1 Domaine d'application 65
2 Références normatives 65
3 Termes et définitions 66
4 Caractéristiques assignées 72
4.1 Valeurs normalisées de la tension la plus élevée pour le matériel (U_m) 72
4.2 Valeurs normalisées du courant assigné (I_r) 73
4.3 Valeurs normalisées du courant thermique de courte durée assigné (I_{th}) 73
4.4 Valeurs normalisées du courant dynamique assigné (I_d) 73
4.5 Valeurs minimales de la tenue à la flexion 73
4.6 Angle de montage 74
4.7 Valeurs nominales minimales de la ligne de fuite 75
4.8 Limites de température et échauffements 75
4.9 Niveaux d'isolement normalisés 77
4.10 Prise de mesure des traversées pour transformateurs 78
5 Conditions de service 79
5.1 Surtensions temporaires 79
5.2 Altitude 79
5.3 Température de l'air ambiant et des milieux d'immersion 80
5.4 Conditions sismiques 81
6 Renseignements à fournir lors des commandes et marques d'identification 81
6.1 Enumération des caractéristiques 81
6.1.1 Utilisation 81
6.1.2 Classification des traversées 81
6.1.3 Caractéristiques assignées 81
6.1.4 Conditions de service 81
6.1.5 Construction 82
6.2 Marques d'identification 83
7 Exigences d'essais 84
7.1 Exigences générales 84
7.2 Classification des essais 85
7.2.1 Essais de type 85
7.2.2 Essais individuels 86
7.2.3 Essais spéciaux 87
7.3 Etat des traversées lors des essais diélectriques et thermiques 87
8 Essais de type 88
8.1 Essai de tenue sous tension à fréquence industrielle à sec ou sous pluie 89
8.1.1 Applicabilité 89
8.1.2 Méthode d'essai et exigences 89
8.1.3 Acceptation 89
8.2 Essai de tenue sous tension à fréquence industrielle de longue durée (ACLD) 89
8.2.1 Applicabilité 89
8.2.2 Méthode d'essai et exigences 89
8.2.3 Acceptation 89

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

8.3 Essai de tenue à la tension de choc de foudre à sec (BIL) 90
8.3.1 Applicabilité 90
8.3.2 Méthode d'essai et exigences 90
8.3.3 Acceptation 91
8.4 Essai de tenue à la tension de choc de manœuvre à sec ou sous pluie (SIL) 91
8.4.1 Applicabilité 91
8.4.2 Méthode d'essai et exigences 92
8.4.3 Acceptation 92
8.5 Essai de stabilité thermique 93
8.5.1 Applicabilité 93
8.5.2 Méthode d'essai et exigences 93
8.5.3 Acceptation 93
8.6 Essais de compatibilité électromagnétique (CEM) 94
8.6.1 Essai d'émission 94
8.6.2 Essai d'immunité 95
8.7 Essai d'échauffement 95
8.7.1 Applicabilité 95
8.7.2 Méthode d'essai et exigences 95
8.7.3 Acceptation 97
8.8 Vérification de la tenue au courant thermique de courte durée 97
8.8.1 Applicabilité 97
8.8.2 Méthode de vérification et exigences 97
8.8.3 Acceptation 98
8.9 Essai de tenue à la flexion 99
8.9.1 Applicabilité 99
8.9.2 Méthode d'essai et exigences 99
8.9.3 Acceptation 99
8.10 Essai d'étanchéité sur des traversées à remplissage de liquide, à remplissage de mélange et à isolation liquide 100
8.10.1 Applicabilité 100
8.10.2 Méthode d'essai et exigences 100
8.10.3 Acceptation 100
8.11 Essai de pression interne des traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse et imprégnées de gaz 100
8.11.1 Applicabilité 100
8.11.2 Méthode d'essai et exigences 100
8.11.3 Acceptation 100
8.12 Essai de pression externe des traversées partiellement ou totalement immergées dans un gaz 101
8.12.1 Applicabilité 101
8.12.2 Méthode d'essai et exigences 101
8.12.3 Acceptation 101
8.13 Vérification des dimensions 101
8.13.1 Applicabilité 101
8.13.2 Acceptation 101
9 Essais individuels 101
9.1 Mesure du facteur de dissipation diélectrique (tan δ) et de la capacité à la température ambiante 101
9.1.1 Applicabilité 101
9.1.2 Méthode d'essai et exigences 101

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---
Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

9.1.3 Acceptation 102
9.2 Essai de tenue à la tension de choc de foudre à sec (BIL) 102
9.2.1 Applicabilité 102
9.2.2 Méthode d'essai et exigences 102
9.2.3 Acceptation 103
9.3 Essai de tenue sous tension à fréquence industrielle à sec 103
9.3.1 Applicabilité 103
9.3.2 Méthode d'essai et exigences 103
9.3.3 Acceptation 103
9.4 Mesure de l'intensité des décharges partielles 103
9.4.1 Applicabilité 103
9.4.2 Méthode d'essai et exigences 103
9.4.3 Acceptation 104
9.5 Essai d'isolation des prises 104
9.5.1 Applicabilité et exigences d'essai 104
9.5.2 Acceptation 105
9.6 Essai de pression interne des traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse et imprégnées de gaz 105
9.6.1 Applicabilité 105
9.6.2 Méthode d'essai et exigences 105
9.6.3 Acceptation 105
9.7 Essai d'étanchéité sur des traversées à remplissage de liquide, à remplissage de mélange et à isolation liquide 105
9.7.1 Applicabilité 105
9.7.2 Méthode d'essai et exigences 105
9.7.3 Acceptation 106
9.8 Essai d'étanchéité des traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse et imprégnées de gaz 106
9.8.1 Applicabilité 106
9.8.2 Méthode d'essai et exigences 106
9.8.3 Acceptation 106
9.9 Essai d'étanchéité de la bride ou autre dispositif de fixation 106
9.9.1 Applicabilité 106
9.9.2 Méthode d'essai et exigences 107
9.9.3 Acceptation 107
9.10 Examen visuel et vérification des dimensions 107
9.10.1 Applicabilité 107
9.10.2 Acceptation 107
10 Exigences et essais des traversées de tensions les plus élevées pour le matériel inférieures ou égales à 52 kV constituées de céramique, de verre ou de matériaux inorganiques, de résine ou d'isolation combinée 108
10.1 Exigences relatives à la température 108
10.2 Niveau du milieu d'immersion 108
10.3 Marques d'identification 108
10.4 Exigences d'essais 108
10.4.1 Essais de type 108
10.4.2 Essais individuels 109
11 Recommandations pour le transport, le stockage, le montage, l'exploitation et la maintenance 109
11.1 Conditions applicables au transport, au stockage et à l'installation 110

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

11.2 Installation 110
11.3 Déballage et levage 110
11.4 Assemblage 110
11.4.1 Montage 110
11.4.2 Connexions 111
11.4.3 Inspection finale de l'installation 111
11.5 Fonctionnement 111
11.6 Maintenance 112
11.6.1 Généralités 112
11.6.2 Recommandations au fabricant 112
11.6.3 Recommandations à l'utilisateur 112
11.6.4 Compte-rendu de panne 113
12 Sécurité 114
12.1 Aspects électriques 114
12.2 Aspects mécaniques 114
12.3 Aspects thermiques 114
13 Aspects liés à l'environnement 114
Bibliographie 115

Figure 1 – Facteur de correction d'altitude 80
Figure 2 – Plaque d'identification pour les traversées de tensions les plus élevées pour le matériel supérieures à 100 kV (voir 6.2) 83
Figure 3 – Plaque d'identification pour les traversées de tensions les plus élevées pour le matériel inférieures ou égales à 100 kV, à l'exception des traversées auxquelles s'applique la Figure 3 (voir 6.2) 84
Figure 4 – Plaque d'identification pour les traversées de tensions les plus élevées pour le matériel inférieures ou égales à 52 kV constituées de céramique, de verre ou de matériaux inorganiques, de résine ou d'une isolation combinée (voir 10.3) 84
Figure 5 – Profil de tension pour l'essai de longue durée ACLD 90

Tableau 1 – Valeurs minimales de la tenue à la flexion (voir 4.5 et 8.9) 74
Tableau 2 – Valeurs maximales de la température et des échauffements au-dessus de la température de l'air ambiant (voir 4.8) 75
Tableau 3 – Température de l'air ambiant et des milieux d'immersion (voir 5.3) 76
Tableau 4 – Niveaux d'isolement pour les tensions les plus élevées pour le matériel (voir 4.9, 8.1, 8.3, 8.4, 9.2 et 9.3) 77
Tableau 5 – Applicabilité des essais de type (voir 7.2.1, sauf les traversées conformes à l'Article 10) 85
Tableau 6 – Applicabilité des essais individuels (voir 7.2.2, sauf les traversées conformes à l'Article 10) 86
Tableau 7 – Correction des tensions d'essai (voir 7.3) 88
Tableau 8 – Valeurs maximales de tan δ et de l'accroissement de tan δ (voir 9.1) 102
Tableau 9 – Valeurs maximales de l'intensité des décharges partielles (voir 8.2 et 9.4) 104
Tableau 10 – Applicabilité des essais de type pour les traversées conformes à l'Article 10 (voir 10.4.1) 109
Tableau 11 – Applicabilité des essais individuels pour les traversées conformes à l'Article 10 (voir 10.4.2) 109

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRAVERSÉES ISOLÉES POUR TENSIONS ALTERNATIVES SUPÉRIEURES À 1 000 V

AVANT-PROPOS

1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60137 a été établie par le sous-comité 36A: Traversées isolées, du comité d'études 36 de la CEI: Isolateurs.

Cette sixième édition annule et remplace la cinquième édition parue en 2003 et constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- La tension de longue durée à fréquence industrielle pour les traversées des transformateurs.
- Des exigences particulières pour les essais de type et d'acceptation applicables aux traversées des transformateurs et des appareillages sous enveloppe métallique à isolation gazeuse (GIS).
- Des niveaux d'isolement spécifiques pour les traversées destinées aux transformateurs et aux GIS.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

- Conformément au Guide CEI 111, des articles relatifs à la sécurité et à l'environnement ont été ajoutés.
- La procédure de correction d'altitude a été révisée (> 1 000 m).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
36A/134/FDIS	36A/135/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous "http://webstore.iec.ch" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

INTRODUCTION

Lors de l'élaboration de la présente norme, les exigences d'essais pour les transformateurs de puissance données dans la CEI 60076-3:2000 ont été davantage prises en compte. Des ajouts ont été apportés aux exigences pour les essais de type au choc de foudre et un essai supplémentaire - de tenue à fréquence industrielle de longue durée - a été inclus.

Dans la perspective de modifications des facteurs de correction des lignes de fuite définis dans la CEI 60815 actuellement à l'étude par le TC 36, des détails de la méthode de correction ont été retirés de cette norme.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

TRAVERSÉES ISOLÉES POUR TENSIONS ALTERNATIVES SUPÉRIEURES À 1 000 V

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les caractéristiques et les essais applicables aux traversées isolées.

La présente norme s'applique aux traversées, telles qu'elles sont définies à l'Article 3, destinées à être utilisées dans les dispositifs électriques, les machines, les transformateurs, les appareillages de commutation et les installations pour des systèmes à courant alternatif triphasé possédant une tension plus élevée pour le matériel dépassant 1 000 V et des fréquences industrielles comprises entre 15 Hz et 60 Hz (inclus).

Sous réserve d'un accord spécifique entre l'acheteur et le fournisseur, cette norme peut être appliquée, en partie ou en totalité, aux éléments suivants:

- traversées utilisées dans d'autres systèmes que ceux à courant alternatif triphasé;
- traversées pour les systèmes à courant continu haute tension;
- traversées pour les transformateurs d'essai;
- traversées pour les condensateurs.

Les exigences spéciales et les essais concernant les traversées pour transformateurs se trouvant dans la présente norme s'appliquent également aux traversées pour réacteurs.

La présente norme s'applique aux traversées fabriquées et commercialisées séparément. Il convient que les traversées qui font partie intégrante d'un appareillage, et qui ne peuvent être essayées selon la présente norme, soient essayées avec l'appareillage dont elles font partie.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60038, *Tensions normales de la CEI*
Amendement 2 (1997)

CEI 60050(212), *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 212: Isolants solides, liquides et gazeux*

CEI 60059, *Caractéristiques des courants normaux de la CEI*

CEI 60060-1, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 60068-2-17, *Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique – Partie 2: Essais – Essai Q: Etanchéité*

CEI 60071-1, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

CEI 60076-5, *Transformateurs de puissance – Partie 5: Tenue au court-circuit*

CEI 60076-7, *Transformateurs de puissance – Partie 7: Guide de charge pour transformateurs immergés dans l'huile*

CEI 60216-2, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 2: Détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques – Choix de critères d'essai*

CEI 60270, *Techniques des essais à haute tension – Mesures des décharges partielles*

CEI 60376, *Spécifications de la qualité technique de l'hexafluorure de soufre (SF6) pour utilisation dans les appareils électriques*

CEI 60480, *Lignes directrices relatives au contrôle et au traitement de l'hexafluorure de soufre (SF6) prélevé sur le matériel électrique et spécification en vue de sa réutilisation*

CEI 60505, *Evaluation et qualification des systèmes d'isolation électrique*

CEI 60815, *Guide pour le choix des isolateurs sous pollution*

CEI 61462, *Isolateurs composites – Isolateurs creux pour appareillage électrique utilisé à l'intérieur ou à l'extérieur – Définitions, méthodes d'essais, critères d'acceptation et recommandations de conception*

CEI 61463, *Traversées – Qualification sismique*

CEI 62155, *Isolateurs creux avec ou sans pression interne, en matière céramique ou en verre, pour utilisation dans des appareillages prévus pour des tensions nominales supérieures à 1 000 V*

CEI 62217, *Isolateurs polymériques pour utilisation à l'intérieur ou à l'extérieur à une tension nominale supérieure à 1 000 V – Définitions générales, méthodes d'essais et critères d'acceptation*

CEI 62271 (toutes les parties), *Appareillage à haute tension*

CEI 62271-1, *Appareillage à haute tension – Partie 1: Spécifications communes*

Guide CEI 109, *Aspects liés à l'environnement – Prise en compte dans les normes électrotechniques de produits* (disponible en anglais seulement)

Guide CEI 111, *Electrical high-voltage equipment in high-voltage substations – Common recommendations for product standards* (disponible en anglais seulement)

CISPR 16-1(toutes les parties), *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques*

CISPR 18-2, *Caractéristiques des lignes et des équipements à haute tension relatives aux perturbations radioélectriques – Partie 2: Méthodes de mesure et procédure d'établissement des limites*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.1
traversée
dispositif servant à faire passer un ou plusieurs conducteurs à travers une paroi, telle qu'un mur ou une cuve, en isolant le ou les conducteurs de cette paroi ; les moyens de fixation (bride ou autre dispositif) sur la paroi font partie de la traversée

[VEI 471-02-01]

NOTE 1 Le conducteur peut être solidaire de la traversée ou démontable.

NOTE 2 La traversée peut être des types décrits de 3.2 à 3.21.

3.2
traversée à remplissage de liquide
traversée dont l'espace entre la surface intérieure de l'enveloppe isolante et l'isolation solide principale est rempli d'huile

3.3
traversée à remplissage de mélange
traversée dont l'espace entre la surface intérieure de l'enveloppe isolante et l'isolation solide principale est rempli d'un mélange isolant

3.4
traversée à isolation liquide
traversée dont l'isolation principale est assurée par de l'huile ou par un autre isolant liquide

3.5
traversée à remplissage de gaz
traversée dont l'espace entre la surface intérieure de l'enveloppe isolante et l'isolation solide principale est rempli de gaz (autre que l'air ambiant) à une pression supérieure ou égale à la pression atmosphérique

NOTE Cette définition comprend les traversées destinées à faire partie intégrante d'une installation isolée au gaz où le gaz du matériel est en communication avec celui de la traversée.

3.6
traversée à isolation gazeuse
traversée dont l'isolation principale est assurée par un gaz (autre que l'air ambiant) à une pression supérieure ou égale à la pression atmosphérique

NOTE 1 Cette définition comprend les traversées destinées à faire partie intégrante d'une installation à isolation gazeuse où le gaz de l'installation est en communication avec celui de la traversée.

NOTE 2 Une traversée qui comporte des matériaux isolants solides autres que l'enveloppe contenant le gaz (par exemple un support pour des couches conductrices ou un cylindre isolant) est une traversée à isolation composite (voir 3.13).

NOTE 3 Une traversée dans laquelle la répartition de tension souhaitée est obtenue par la disposition de couches conductrices ou semi-conductrices incorporées au matériau isolant (par exemple film plastique) est désignée par une traversée à isolation gazeuse à répartition capacitive.

3.7
traversée imprégnée de gaz
traversée dont l'isolation principale est assurée par un corps enroulé en papier ou en film plastique (GIF) et ensuite traité et imprégné d'un gaz (autre que l'air ambiant) à une pression supérieure ou égale à la pression atmosphérique, l'espace entre le corps et l'enveloppe isolante étant rempli du même gaz

3.8
traversée en papier imprégnée d'huile
OIP (*oil-impregnated paper*)
traversée dont l'isolation principale est assurée par un corps enroulé en papier ultérieurement traité et imprégné d'un liquide isolant, généralement d'huile de transformateur

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

NOTE Le corps est placé dans une enveloppe isolante, l'espace entre le corps et l'enveloppe isolante étant rempli du même liquide isolant que celui employé pour l'imprégnation.

3.9
traversée en papier enduit de résine
RBP (*resin-bonded paper*)
traversée dont l'isolation principale est assurée par un corps enroulé en papier enduit de résine

NOTE 1 Lors de l'enroulement, chaque couche de papier est liée à la précédente par l'enduit de résine et la cohésion obtenue par le durcissement de la résine.

NOTE 2 Une traversée en papier enduit de résine peut comporter une enveloppe isolante. Dans ce cas, l'espace intermédiaire peut être rempli d'un isolant liquide ou d'un autre milieu isolant.

3.10
traversée en papier imprégné de résine
RIP (*resin-impregnated paper*)
traversée dont l'isolation principale est assurée par un corps enroulé en papier non traité et ensuite imprégné de résine durcissable

NOTE Une traversée en papier imprégné de résine peut comporter une enveloppe isolante. Dans ce cas, l'espace intermédiaire peut être rempli d'un isolant liquide ou d'un autre milieu isolant.

3.11
traversée en matière céramique, en verre ou en matière inorganique analogue
traversée dont l'isolation principale est assurée par de la céramique, du verre ou par une matière inorganique analogue

3.12
traversée à isolation en résine coulée ou moulée
traversée dont l'isolation principale est assurée par une matière organique coulée ou moulée avec ou sans addition d'une charge en matière inorganique

3.13
traversée à isolation combinée
traversée dont l'isolation principale est assurée par une association d'au moins deux isolants différents

3.14
traversée à répartition capacitive
traversée dans laquelle une répartition déterminée des potentiels est obtenue au moyen de couches conductrices ou semi-conductrices disposées dans le matériau isolant

[VEI 471-02-03]

3.15
traversée d'intérieur
traversée dont les deux extrémités sont destinées à être dans l'air ambiant à la pression atmosphérique mais non soumises aux conditions atmosphériques extérieures

[VEI 471-02-05]

3.16
traversée d'extérieur
traversée dont les deux extrémités sont destinées à être dans l'air ambiant à la pression atmosphérique et soumises aux conditions atmosphériques extérieures

[VEI 471-02-07]

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.17
traversée d'extérieur-intérieur
traversée dont les deux extrémités sont destinées à être dans l'air ambiant à la pression atmosphérique. L'une est destinée à être soumise aux conditions atmosphériques extérieures et l'autre ne l'est pas

[VEI 471-02-09]

3.18
traversée immergée d'intérieur
traversée dont l'une des extrémités est destinée à être dans l'air ambiant mais non soumise aux conditions atmosphériques extérieures et l'autre à l'immersion dans un milieu isolant autre que l'air ambiant (par exemple huile ou gaz)

[VEI 471-02-06]

NOTE Cette définition comprend les traversées utilisées dans l'air à une température supérieure au milieu ambiant, comme cela se produit avec les conduits isolés à l'air.

3.19
traversée immergée d'extérieur
traversée dont l'une des extrémités est destinée à être dans l'air ambiant et soumise aux conditions atmosphériques extérieures et l'autre à l'immersion dans un milieu isolant autre que l'air ambiant (par exemple huile ou gaz)

[VEI 471-02-08]

3.20
traversée immergée totalement
traversée dont les deux extrémités sont destinées à l'immersion dans un milieu isolant autre que l'air ambiant (par exemple huile ou gaz)

[VEI 471-02-04]

3.21
traversée de type embrochable
traversée pour connecteur séparable
traversée dont l'une des extrémités est immergée dans un milieu isolant et l'autre conçue pour recevoir un connecteur séparable de câble isolé, sans lequel la traversée ne peut pas fonctionner

[VEI 471-02-02]

3.22
tension la plus élevée pour le matériel
$\boldsymbol{U_m}$
valeur efficace la plus élevée de la tension entre phases pour laquelle le matériel est spécifié en ce qui concerne son isolement ainsi que certaines autres caractéristiques qui sont éventuellement rattachées à cette tension dans les normes proposées pour chaque matériel

[VEI 604-03-01]

3.23
tension phase-terre assignée
valeur efficace maximale de la tension que la traversée supporte en permanence entre son conducteur intérieur et sa bride ou autre dispositif de fixation mis à la terre, dans les conditions de service spécifiées à l'Article 5

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.24
courant assigné
I_r
valeur efficace maximale du courant par lequel le conducteur de la traversée peut être parcouru en service continu, dans les conditions de service spécifiées à l'Article 5, sans que l'échauffement excède les limites données dans le Tableau 2

3.25
courant thermique de courte durée assigné
I_{th}
valeur efficace du courant symétrique que la traversée supporte thermiquement pendant la durée assignée (t_{th}), immédiatement après un service permanent au courant assigné, avec des températures maximales de l'air ambiant et des milieux d'immersion conformes à 5.3

3.26
courant dynamique assigné
I_d
valeur de crête du courant que la traversée supporte mécaniquement

3.27
échauffement
différence entre la température mesurée au point le plus chaud des pièces métalliques de la traversée en contact avec un matériau isolant et la température de l'air ambiant (voir 4.8)

3.28
fréquence assignée
f_r
fréquence à laquelle la traversée est destinée à fonctionner

[VEI 421-04-03, modifiée]

3.29
pression assignée de remplissage du gaz isolant
pression en pascal (Pa) pour l'isolement, rapportée aux conditions atmosphériques standard de +20 ºC et 101,3 kPa (ou densité), qui peut être exprimée en termes relatifs ou absolus, à laquelle la traversée est remplie avant sa mise en service, ou regarnie automatiquement

3.30
pression maximale interne de service du gaz
pression, lorsque la traversée est en service et parcourue par le courant assigné, aux températures maximales, conformément à 5.3

3.31
pression maximale externe de service du gaz
pression maximale du milieu gazeux isolant dans lequel la traversée est partiellement ou totalement immergée lorsqu'elle est en service

3.32
pression de calcul (de l'enveloppe)
pression utilisée pour déterminer l'épaisseur de l'enveloppe

(voir la CEI 62271-203:2003, Définition 3.113, modifiée)

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.33
taux de fuite (des traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse, à imprégnation gazeuse et à immersion gazeuse)
quantité de gaz sec, à une température donnée, qui traverse une fuite par unité de temps et pour une valeur connue de la différence de pression à travers la fuite

(voir la CEI 60068-2-17)

NOTE L'unité de base du taux de fuite dans le système SI est le «pascal x mètre cube par seconde (Pa × m^3/s)». Les unités dérivées «Pa × cm^3/s» et «bar × cm^3/s» sont utilisées dans la présente norme, du fait qu'elles correspondent mieux aux ordres de grandeur que l'on trouve dans la pratique industrielle courante. Il convient de rappeler que: 1 Pa × m^3/s = 10^6 Pa × cm^3/s = 10 bar × cm^3/s.

3.34
enveloppe isolante
isolateur creux, ouvert de part en part, muni ou non d'ailettes

[VEI 471-01-17, modifiée]

NOTE Une enveloppe isolante peut être constituée d'un dispositif d'isolation ou de deux ou plusieurs dispositifs d'isolation assemblés d'une façon permanente.

3.35
ligne de fuite
distance la plus courte, le long de la surface d'un isolateur, entre deux parties conductrices

NOTE 1 La surface du ciment ou de toute autre matière de scellement non isolante n'est pas considérée comme faisant partie de la ligne de fuite.

NOTE 2 Si un revêtement à haute résistance est appliqué sur certaines parties du corps isolant d'un isolateur, ces parties sont considérées comme surfaces isolantes effectives et la distance mesurée à la surface de ces parties est incluse dans la ligne de fuite.

[VEI 471-01-04]

3.36
distance d'arc
plus courte distance dans l'air à l'extérieur de l'isolateur entre les parties métalliques sur lesquelles on applique normalement la tension de service

NOTE Les termes «distance d'arc à sec» ou «distance sur fil tendu» sont également utilisés.

[VEI 471-01-01]

3.37
prise de mesure
prise de dimensions
prise de tan δ
connexion accessible de l'extérieur de la traversée, isolée de la bride ou autre dispositif de fixation, reliée à une des couches conductrices extérieures d'une traversée à répartition capacitive pour permettre des mesures du facteur de dissipation, de la capacité et des décharges partielles, lorsque la bride de la traversée est reliée à la terre

NOTE 1 Il convient de mettre cette connexion directement à la terre lorsqu'elle n'est pas employée.

NOTE 2 Lorsque la prise de mesure est utilisée pour une surveillance d'état, en fonctionnement, il convient de prendre soin d'éviter un circuit ouvert.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.38
prise de tension
prise de potentiel
prise capacitive
connexion accessible de l'extérieur de la traversée, isolée de la bride ou autre dispositif de fixation, reliée à une des couches conductrices extérieures d'une traversée à répartition capacitive de façon à obtenir une source de tension lorsque la traversée est en service

NOTE 1 Il convient de mettre cette connexion directement à la terre lorsqu'elle n'est pas employée.

NOTE 2 Cette prise peut être également employée pour mesurer le facteur de dissipation, la capacité et les décharges partielles.

3.39
tension assignée de la prise de tension
tension maximale pour laquelle la prise est conçue en vue d'alimenter le matériel qui lui est associé, lorsqu'elle est connectée à la charge assignée et lorsque la traversée est soumise à sa tension phase-terre assignée à la fréquence nominale

3.40
traversée composite
traversée possédant une enveloppe isolante constituée d'un tube de fibres imprégnées de résine avec ou sans revêtement en mélange de caoutchouc

NOTE Pour les traversées définies de 3.9 à 3.12, le caoutchouc peut être appliqué directement sur l'isolation principale de la traversée.

3.41
capacité (de traversée)

3.41.1
capacité principale C_1
capacité d'une traversée à répartition capacitive entre le conducteur haute tension et la prise d'essai ou la prise de tension

3.41.2
capacité de prise C_2
capacité d'une traversée à répartition capacitive entre la prise d'essai ou la prise de tension et la collerette de montage

3.41.3
capacité C
capacité d'une traversée sans prise de tension ou prise d'essai entre le conducteur haute tension et la collerette de montage

4 Caractéristiques assignées

4.1 Valeurs normalisées de la tension la plus élevée pour le matériel (U_m)

Les valeurs de U_m d'une traversée doivent être choisies parmi les valeurs normalisées de la tension la plus élevée pour le matériel, définies dans la CEI 60038 et indiquées ci-après, en kilovolts:

3,6 – 7,2 – 12 – 17,5 – 24 – 36 – 52 – 72,5 – 100 – 123 – 145 – 170 – 245 – 300 – 362 – 420 – 550 – 800 kV.

NOTE Les valeurs 525 kV et 765 kV sont également utilisées.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

4.2 Valeurs normalisées du courant assigné (I_r)

Les valeurs de I_r d'une traversée doivent être choisies parmi les valeurs normalisées suivantes, indiquées en ampères:

100 – 250 – 315 – 400 – 500 – 630 – 800 – 1 000 – 1 250 – 1 600 – 2 000 – 2 500 – 3 150 – 4 000 – 5 000 – 6 300 – 8 000 – 10 000 – 12 500 – 16 000 – 20 000 – 25 000 – 31 500 – 40 000 A.

Cette série est conforme aux valeurs indiquées dans la CEI 60059.

Dans le cas des traversées pour transformateurs avec le conducteur dans le tube central, le fournisseur doit indiquer la valeur de la section et le matériau du conducteur correspondant à I_r, conformément à 4.8.

On considère que les traversées pour transformateurs, dont I_r est au moins égal à 120 % du courant assigné du transformateur, sont capables de supporter des surcharges conformes à la CEI 60076-7 sans avoir recours à d'autres éclaircissements ou essais.

4.3 Valeurs normalisées du courant thermique de courte durée assigné (I_{th})

Sauf spécification contraire, la valeur normalisée de I_{th} doit être de 25 fois I_r, t_{th} étant de 1 s. Dans le cas des traversées pour lesquelles I_r est supérieur ou égal à 4 000 A, I_{th} doit toujours être de 100 kA.

Dans le cas des traversées pour transformateurs, t_{th} doit être de 2 s, sauf spécification contraire, conformément à la CEI 60076-5.

Pour des durées de t_{th} supérieures à 1 s, la relation entre le courant et le temps est supposée être conforme à:

$$I^2_{th} \times t_{th} = \text{constante}$$

NOTE Dans le cas des traversées pour transformateurs où le conducteur est tiré dans le tube central, la section efficace du conducteur correspondant au courant de fonctionnement peut être inférieure à celle indiquée en 4.2. Dans un tel cas, il convient que le courant de fonctionnement et la section efficace soient conformes aux exigences de 8.7.

4.4 Valeurs normalisées du courant dynamique assigné (I_d)

La valeur normalisée de I_d doit avoir une amplitude de la première crête égale à 2,5 fois la valeur de I_{th} indiquée en 4.3.

NOTE Dans certains cas, des valeurs supérieures à 2,5 fois la valeur de I_{th} indiquée en 4.3 peuvent être nécessaires en fonction des caractéristiques du transformateur. Il convient que le fabricant du transformateur stipule de telles exigences dans les informations à fournir lors des commandes (voir 6.1.3).

4.5 Valeurs minimales de la tenue à la flexion

La traversée doit supporter les valeurs de flexion données dans le Tableau 1, Niveau I ou II. Le Niveau I est une flexion normale et doit généralement être appliqué, sauf si l'acheteur spécifie une flexion plus sévère de Niveau II.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Tableau 1 – Valeurs minimales de la tenue à la flexion (voir 4.5 et 8.9)

Tension la plus élevée pour le matériel U_m kV	**Courant assigné** A							
	≤ 800	1 000 1 600		2 000 2 500		≥3 150		
	Charge de flexion de service N							
	Traversées installées ≤30° par rapport à la verticale							
	I	**II**	**I**	**II**	**I**	**II**	**I**	**II**
≤36	500	500	625	625	1 000	1 000	1 575	1 575
52	500	800	625	800	1 000	1 250	1 575	1 575
72,5 à 100	500	1 000	625	1 000	1 000	1 575	2 000	2 000
123 à 145	625	1 575	800	1 575	1 250	2 000	2 000	2 000
170 à 245	625	2 000	800	2 000	1 250	2 500	2 000	2 500
≥300	1 250	2 000	1 250	2 000	1 575	2 500	2 500	2 500
	Charge d'essai à la flexion N							
	I	**II**	**I**	**II**	**I**	**II**	**I**	**II**
≤36	1 000	1 000	1 250	1 250	2 000	2 000	3 150	3 150
52	1 000	1 600	1 250	1 600	2 000	2 500	3 150	3 150
72,5 à 100	1 000	2 000	1 250	2 000	2 000	3 150	4 000	4 000
123 à 145	1 250	3 150	1 600	3 150	2 500	4 000	4 000	4 000
170 à 245	1 250	4 000	1 600	4 000	2 500	5 000	4 000	5 000
≥300	2 500	4 000	2 500	4 000	3 150	5 000	5 000	5 000

NOTE 1 Les essais de tenue à la flexion prennent en considération la charge en bout de la traversée ainsi que la force du vent (70 Pa), se référer à la CEI 61463.

NOTE 2 Pour les traversées fonctionnant avec un angle >30° par rapport à la verticale, il convient que l'effet du propre poids de la traversée soit pris en compte lors de la sélection de la charge d'essai ainsi que de la procédure. Les valeurs données ci-dessus correspondent à des traversées verticales, qui sont à essayer en position verticale. Lorsqu'une traversée inclinée ou horizontale est à essayer verticalement, il est recommandé d'ajouter une force équivalente pour réaliser le moment de flexion au niveau de la bride, du fait du poids de la traversée dans son angle de fonctionnement. S'il y a lieu d'essayer horizontalement une traversée verticale, la charge d'essai peut être réduite de la même manière.

NOTE 3 Niveau I = charge normale, Niveau II = charge élevée.

NOTE 4 Pour les traversées pour lesquelles les enveloppes isolantes supérieure et inférieure sont assemblées par effort de serrage sur le conducteur central, il est recommandé de choisir l'effort de flexion en tenant compte de la dilatation thermique du conducteur due au passage du courant assigné.

4.6 Angle de montage

Toutes les traversées doivent être conçues pour un montage avec un angle d'inclinaison ne dépassant pas 30° par rapport à la verticale. Tout autre angle de montage doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le vendeur.

NOTE Une traversée fonctionnant avec un angle d'inclinaison inférieur ou égal à 30° par rapport à la verticale est considérée comme verticale. Une traversée fonctionnant avec un angle d'inclinaison supérieur ou égal à 70° par rapport à la verticale est considérée comme horizontale. Une traversée à tout autre angle est considérée comme étant inclinée (voir 6.1.4).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

4.7 Valeurs nominales minimales de la ligne de fuite

Sauf accord contraire entre l'acheteur et le vendeur, ou à moins d'une démonstration par essai, la ligne de fuite pour les enveloppes isolantes en céramique doit être conforme à la CEI 60815.

Si des essais sous pollution artificielle sont nécessaires, ils doivent être effectués conformément à la CEI 60507.

NOTE 1 La valeur réelle de la ligne de fuite peut varier par rapport à la nominale en fonction des tolérances de fabrication définies dans la CEI 62155.

NOTE 2 Les exigences pour les isolateurs composites sont à l'étude par le TC 36: Isolateurs.

4.8 Limites de température et échauffements

Les limites de température des pièces métalliques en contact avec le matériau isolant durant les conditions de service normales sont les suivantes:

– 105 °C pour le papier imprégné d'huile: Classe A;

– 120 °C pour le papier enduit de résine ou imprégné de résine: Classe E;

– 130 °C pour l'isolation gazeuse: Classe B.

L'échauffement par rapport à la température maximale journalière moyenne de l'air ambiant indiquée en 5.3 (30 °C), du point le plus chaud, ne doit pas dépasser les valeurs données dans le Tableau 2. Dans le cas d'autres matériaux isolants, les limites de température doivent être spécifiées par le fournisseur. On doit se référer à la CEI 60216-2 et à la CEI 60505.

Pour les raccords d'extrémité des traversées et les connexions, les limites d'échauffement sont également données dans le Tableau 2.

Les traversées faisant partie intégrante d'un matériel, tel que l'appareillage ou les transformateurs, doivent répondre aux exigences thermiques du matériel considéré. Pour les traversées de transformateurs, on doit se référer à 4.2.

NOTE Pour les joints en contact avec les parties métalliques, il convient de tenir particulièrement compte de la capacité du matériel à supporter l'échauffement.

Tableau 2 – Valeurs maximales de la température et des échauffements au-dessus de la température de l'air ambiant (voir 4.8)

Description du composant		Echauffement maximal K	Température maximale °C	Commentaires [a]
Contacts à ressort	Cuivre et alliage en cuivre, nus:			[d]
	- dans l'air	45	75	
	- dans le SF_6	60	90	
	- dans l'huile	50	80	[b]
	Etamés, dans l'air, dans le SF_6 ou dans l'huile	60	90	
	Argentés ou nickelés:			
	- dans l'air ou dans le SF_6	75	105	[b]
	- dans l'huile	60	90	

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Description du composant		Echauffement maximal K	Température maximale °C	Commentaires [a]
Contacts vissés	Cuivre, aluminium et leurs alliages, nus:			
	- dans l'air	60	90	
	- dans le SF_6	75	105	
	- dans l'huile	70	100	[b]
	Etamés:			
	- dans l'air ou dans le SF_6	75	105	
	- dans l'huile	70	100	[b]
	Argentés ou nickelés:			
	- dans l'air ou dans le SF_6	85	115	
	- dans l'huile	70	100	[b]
Extrémités raccordées à des conducteurs extérieurs par des vis ou des boulons	Cuivre, aluminium et leurs alliages:			
	- nues	60	90	[c]
	- étamées	75	105	
	- argentées ou nickelées	75	105	
Pièces métalliques en contact avec	Classe d'isolation:			
	- A (OIP)	75	105	
	- E (RBP et RIP)	90	120	
	- (GIF)	[e]	[e]	
	- SF_6	100	130	
	- Huile		[e]	

[a] Les valeurs d'échauffement sont basées sur la CEI 60943 avec une température maximale journalière moyenne de 30 °C. Pour d'autres informations, il convient de se référer à la CEI 60943, Tableau 6.

[b] Pour les liquides isolants synthétiques (silicone, esters), des valeurs plus élevées peuvent faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur.

[c] Si une forte oxydation est prévisible, l'échauffement doit être limité à 50 K.

[d] Un contact à ressort est une connexion maintenue par la pression d'un ressort, par exemple un contact embrochable.

[e] Les limites de température doivent être communiquées par le fournisseur.

Tableau 3 – Température de l'air ambiant et des milieux d'immersion (voir 5.3)

Sujet		Température °C
Air ambiant:		
– maximale		40
– moyenne journalière maximale (en plein air)		30
– moyenne journalière maximale (conduits isolés à l'air)		70
– moyenne annuelle maximale		20
– minimale		
• Traversées d'intérieur	Classe 1 [a]	–5
	Classe 2	–15
	Classe 3	–25
• Traversées d'extérieur	Classe 1 [a]	–10
	Classe 2	–25
	Classe 3	–40
Huile dans les transformateurs:		
– maximale		

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Sujet	Température °C
• pour la charge normale	100
• en surcharge [b]	115
– moyenne journalière maximale	90
Autres milieux: (gazeux et non gazeux)	[c]

[a] La température minimale normale de l'air ambiant correspond à la Classe 1.

[b] Les valeurs applicables à l'huile dans les transformateurs sont conformes à la CEI 60076-1 et à la CEI 60076-2. La valeur en surcharge est conforme à la CEI 60076-7.

[c] En l'absence d'autres renseignements, il convient en principe de se référer à la norme de la CEI relative au matériel auquel est destinée la traversée, et il convient d'accorder une attention particulière aux traversées dont l'une des extrémités est destinée à être immergée dans un gaz.

NOTE 1 Il convient de calculer la température journalière moyenne du milieu d'immersion en faisant la moyenne de 24 relevés horaires consécutifs.

NOTE 2 D'autres plages de températures peuvent être adoptées après accord entre l'acheteur et le fournisseur.

4.9 Niveaux d'isolement normalisés

Les valeurs normalisées du niveau d'isolement doivent être choisies parmi les valeurs indiquées dans le Tableau 4.

Les valeurs normalisées spécifiées des niveaux d'isolement sont conformes à la CEI 60038 et à la CEI 60071-1.

Tableau 4 – Niveaux d'isolement pour les tensions les plus élevées pour le matériel (voir 4.9, 8.1, 8.3, 8.4, 9.2 et 9.3)

Tension la plus élevée pour le matériel U_m	Tension nominale d'essai au choc de foudre (BIL)	Tension nominale d'essai au choc de manœuvre (SIL)	Tenue sous tension à fréquence industrielle[f]			
kV (valeur efficace)	kV (valeur de crête)	kV (valeur de crête)	kV (valeur efficace)			
			Traversées pour transformateurs[a] (à sec)	Traversées pour GIS[b] (à sec)	Autres traversées[c] (à sec)	Toutes les traversées[d] (sous pluie)
3,6	40		11		10	10
7,2	60		22		20	20
12	75		30		28	28
17,5	95		42		38	38
24	125		55		50	50
36	170		77		70	70
52	250		105		95	95
72,5	325		155		140	140
100	380		165		150	150
	450		205		185	185
123	450		205		185	185
	550		255		230	230
145	450		205		185	185
	550		255		230	230
	650		305		275	275

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Tension la plus élevée pour le matériel U_m	Tension nominale d'essai au choc de foudre (BIL)	Tension nominale d'essai au choc de manœuvre (SIL)	Tenue sous tension à fréquence industrielle[f]			
kV (valeur efficace)	kV (valeur de crête)	kV (valeur de crête)	kV (valeur efficace)			
			Traversées pour transformateurs[a] (à sec)	Traversées pour GIS[b] (à sec)	Autres traversées[c] (à sec)	Toutes les traversées[d] (sous pluie)
170	550 650		255 305		230 275	230 275
	750		355	325	325	325
245	950	650 750 850	435	435	395	395
	1050	750 850	505	460	460	460
300	1050	850	505	460	460	-
362	1050	850 950	505	460	460	-
	1175	950	560	520	510	-
420	1300	1050	625	595	570	-
	1425	1050	695	650	630	-
	1550	1175	750	-	680	-
550[e]	1425	1050 1175	695	650	630	-
	1550	1175	750	710	680	-
	1675	1175	750	-	680	-
	1800	1300	870	-	790	-
800[e]	1800	1300 1425 1550	870	830	790	- - -
	1950	1550	915	960	830	-
	2100	1425	970	960	880	-
	2400	1550	1075	960	975	-

a Valeurs conformes à la CEI 60071-1 et à la CEI 60076-3, augmentées de 10 %, conformément à 9.3.

b Valeurs conformes à la CEI 62271-1.

c Valeurs conformes à la CEI 60071-1 et à la CEI 62271-1.

d Valeurs conformes à la CEI 60071-1.

e Les valeurs de la tension la plus élevée pour chaque matériel sont conformes à la CEI 60038, Amendement 2 (1997). Les valeurs 525 kV et 765 kV sont également utilisées.

f Les tensions de tenue à fréquence industrielle indiquées sont les valeurs minimales exigées sur le BIL du système ou de l'équipement auquel la traversée est appliquée. Pour les applications de transformateurs dans lesquelles une traversée est choisie avec une classe de BIL plus élevée, la traversée peut être essayée conformément à la colonne 6, à condition que l'exigence d'une tension d'essai de tenue à fréquence industrielle de 10 % supérieure à celle de son transformateur soit satisfaite.

g Pour les traversées dont la tension U_m est égale à 245 kV, un essai de tenue à la tension de choc de manœuvre à sec est exigé pour les traversées de transformateurs uniquement.

4.10 Prise de mesure des traversées pour transformateurs

Une prise de mesure conforme à 3.37 doit être fournie sur les traversées dont U_m est supérieure ou égale à 72,5 kV. En vue de permettre les mesures des décharges partielles sur les transformateurs, la prise de mesure doit avoir au maximum:

– une capacité par rapport à la terre de 10 000 pF;

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

– un facteur de dissipation diélectrique (tan δ) de 0,05 mesuré à la fréquence industrielle.

Les autres valeurs de capacité de la prise de mesure par rapport à la terre peuvent être déterminées par accord entre l'acheteur et le fournisseur.

La traversée ne doit pas comprendre de capacités importantes à la terre qui pourraient dériver les courants dus aux décharges partielles et rendre ainsi les mesures de décharges partielles sur les transformateurs incorrectes ou erronées.

5 Conditions de service

5.1 Surtensions temporaires

La tension maximale phase-terre du système peut dépasser U_m divisée par $\sqrt{3}$. Pour les durées ne dépassant pas 8 h par période de 24 h et dont la durée totale ne dépasse pas 125 h par an, les traversées doivent pouvoir supporter une tension phase-terre de:

– U_m pour les traversées dont U_m est inférieure ou égale à 170 kV;

– 0,8 U_m pour les traversées dont U_m est supérieure à 170 kV.

Dans les réseaux où des surtensions supérieures à cette valeur peuvent se présenter, il est conseillé de choisir une traversée avec une valeur de U_m plus élevée.

5.2 Altitude

Bien que le niveau d'isolement se réfère au niveau de la mer, les traversées qui correspondent à la présente norme sont prévues pour être utilisées à toute altitude n'excédant pas 1 000 m. Pour s'assurer que les tensions de tenue extérieures de la traversée sont suffisantes à des altitudes supérieures à 1 000 m, la distance d'arc par rapport à celle prévue normalement doit être augmentée. Il n'est pas nécessaire de modifier l'épaisseur radiale de l'isolation, ni la dimension de l'extrémité immergée. La tension de perforation et la tension de contournement dans le milieu d'immersion d'une traversée ne sont pas affectées par l'altitude.

Pour des installations à une altitude supérieure à 1 000 m, la distance d'arc dans les conditions atmosphériques de référence normalisées doit être déterminée afin de résister aux tensions obtenues en multipliant les tensions de tenue exigées en condition de service par un facteur k, conformément à la Figure 1.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

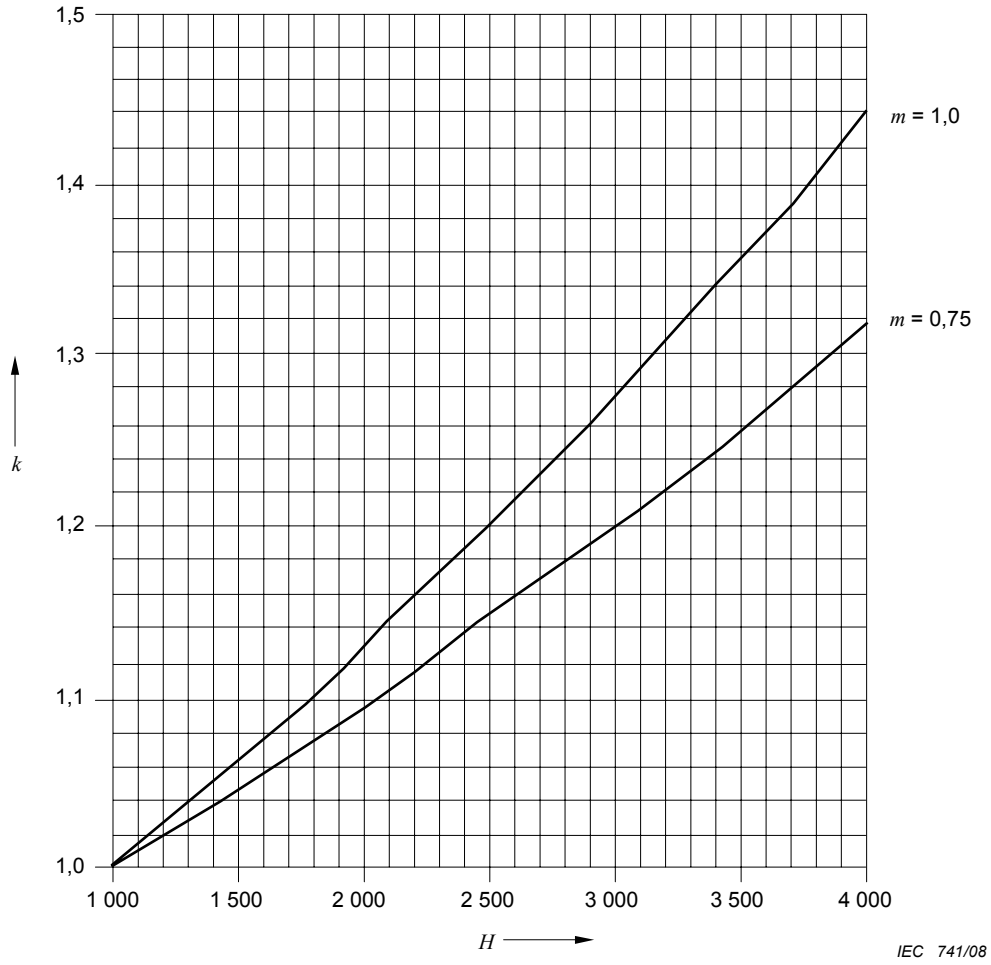

Figure 1 – Facteur de correction d'altitude

Ces facteurs sont calculés à partir de l'équation suivante:

$k = e^{m(H-1000)/8150}$

où

H est l'altitude, en mètres;

m = 1 pour la fréquence industrielle et la tension de choc de foudre;

m = 0,75 pour la tension de choc de manœuvre entre phases.

Par suite des limitations imposées par la tension de perforation et la tension de contournement dans le milieu d'immersion, il n'est pas toujours possible de vérifier l'efficacité de cette augmentation de la distance d'arc en effectuant des essais à une altitude inférieure à celle de service. Dans un tel cas, le fournisseur doit démontrer que la distance d'arc de la traversée est appropriée.

5.3 Température de l'air ambiant et des milieux d'immersion

Les traversées doivent être conçues pour être utilisées à des températures qui ne dépassent pas les limites données dans le Tableau 3. Il convient de prendre en compte les conditions de fonctionnement des traversées complètement immergées et des traversées fonctionnant dans des conduits isolés à l'air.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

La condensation d'humidité à la surface de la partie de la traversée située à l'intérieur doit être évitée, si nécessaire, par ventilation ou préchauffage.

5.4 Conditions sismiques

Pour la qualification sismique, il convient de se référer à la CEI 61463.

6 Renseignements à fournir lors des commandes et marques d'identification

6.1 Enumération des caractéristiques

Lors de la commande, l'acheteur doit fournir les renseignements ci-après nécessaires, ainsi que toute autre information utile pour déterminer clairement les caractéristiques exigées.

6.1.1 Utilisation

L'utilisation, y compris le type de matériel auquel la traversée est destinée et la norme CEI correspondant à ce matériel, doivent être indiquées.

Il faut également attirer l'attention sur les caractéristiques (y compris les essais) de l'appareil complet lorsque celles-ci peuvent influer sur la conception de la traversée (voir 7.3).

6.1.2 Classification des traversées

Classification selon 3.2 à 3.21.

6.1.3 Caractéristiques assignées

Les caractéristiques assignées doivent être les suivantes:

- tension la plus élevée pour le matériel (U_m) (voir 3.22);
- tension phase-terre assignée (voir 3.23);
- niveau d'isolement normalisé (voir 4.9) et niveau induit et/ou appliqué de la tension d'essai du transformateur (voir 9.3);
- courant assigné (I_r) (voir 3.24);
- courant thermique de courte durée assigné (I_{th}) et durée assignée (t_{th}), s'ils sont différents des valeurs indiquées en 4.3;
- courant dynamique assigné (I_d), s'il est différent de la valeur indiquée en 4.4;
- fréquence assignée (voir 3.28);
- valeur minimale de la charge de tenue à la flexion, conformément à 4.5;
- valeur maximale de la capacité de la prise de mesure, si une valeur inférieure est nécessaire, conformément à 4.10.

6.1.4 Conditions de service

Les conditions de service doivent être les suivantes:

- surtensions temporaires, s'il y a lieu (voir 5.1);
- altitude, si elle est supérieure à 1 000 m (voir 5.2) (ne s'applique qu'aux traversées d'intérieur et d'extérieur conformes à 3.15 à 3.19);
- température de l'air ambiant et des milieux d'immersion, si elle est différente des valeurs normales (voir 5.3 et Tableau 3) (s'applique aux traversées conformes à 3.15 à 3.21);
- type du milieu d'immersion (ne s'applique qu'aux traversées partiellement ou totalement immergées conformes à 3.18 à 3.21);

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

- niveau minimal du milieu d'immersion (ne s'applique qu'aux traversées partiellement ou totalement immergées conformes à 3.18 à 3.21);
- pression maximale de service des milieux d'immersion (ne s'applique qu'aux traversées partiellement ou totalement immergées conformes à 3.18 à 3.21);
- type de gaz isolant (ne s'applique qu'aux traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse et imprégnées de gaz conformes à 3.5 à 3.7 lorsque le gaz de l'installation est en communication avec celui de la traversée);
- pression assignée de remplissage du gaz isolant (voir 3.29) (ne s'applique qu'aux traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse et imprégnées de gaz conformes à 3.5 à 3.7 lorsque le gaz de l'installation est en communication avec celui de la traversée);
- pression maximale de service interne du gaz (voir 3.30) (ne s'applique qu'aux traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse et imprégnées de gaz conformes à 3.5 à 3.7 lorsque le gaz de l'installation est en communication avec celui de la traversée);
- pression maximale de service externe du gaz (voir 3.31) (ne s'applique qu'aux traversées partiellement ou totalement immergées conformes à 3.18 à 3.20);
- angle de montage, si celui-ci dépasse les valeurs normales (voir 4.6);
- ligne de fuite spécifique nominale minimale (voir 4.7) (ne s'applique qu'à la partie extérieure des traversées conformes à 3.16, 3.17 et 3.19);
- conditions climatiques inhabituelles (températures chaudes et froides extrêmes, humidité tropicale, contamination sévère, vent fort);
- conditions sismiques, si une qualification est nécessaire (voir 5.4).

6.1.5 Construction

La construction doit comporter:

- pour des traversées livrées sans conducteur: diamètre, type (câble, tige pleine ou creuse), matériau et position du conducteur dont la traversée sera munie en service;
- exigences dimensionnelles particulières, s'il y a lieu;
- essai de la prise de mesure ou de tension, s'il y a lieu (voir 3.37 et 3.38);
- longueur du manchon mis à la terre adjacent à la bride ou autre dispositif de fixation, s'il y a lieu;
- renseignements généraux concernant la position de la traversée par rapport aux parties mises à la terre de l'appareil auquel la traversée est destinée (voir 7.1);
- montage ou non d'éclateurs;
- exigences particulières pour la protection contre la corrosion des pièces métalliques;
- les traversées pour transformateurs doivent être conçues pour résister à une séquence d'essais type d'un transformateur (essais de travaux, essais d'acceptation et éventuellement essais de répétabilité);
- niveau de l'huile dans le tube central d'une traversée de transformateur, avec le conducteur tiré dans le tube central s'il est inférieur au tiers de la hauteur de la partie extérieure (voir 8.7);
- présence d'un clapet de prélèvement d'huile.

Il convient que les traversées utilisant un isolant liquide ou gazeux fassent référence aux normes horizontales correspondantes:

- CEI 60376 pour le SF_6 neuf ou CEI 60480 pour le SF_6 usagé.
- CEI 60296 pour l'huile, ou
- CEI 60836 ou CEI 60867 pour les fluides synthétiques.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

6.2 Marques d'identification

Toute traversée dont U_m est supérieure ou égale à 123 kV doit porter les indications ci-après. Pour les traversées dont U_m est inférieure ou égale à 100 kV, les marques d'identification indiquées par un ■ sont suffisantes. Les marques d'identification des traversées conformes à l'Article 10 sont spécifiées en 10.3.

- ■ le nom ou la marque du fournisseur;
- ■ l'année de fabrication et le numéro de série;
- ■ la désignation de type du fournisseur;
- ■ la tension la plus élevée pour le matériel (U_m) (voir 3.22) ou la tension phase-terre assignée (voir 3.23) et la fréquence assignée (voir 3.28);
- ■ le courant assigné (I_r) (voir 3.24). Si la traversée est fournie sans conducteur, la section du conducteur doit être spécifiée par le fournisseur (voir 4.2);
- les tensions d'essai de tenue au choc de foudre (BIL) et au choc de manœuvre (SIL) ou à fréquence industrielle (c.a.) (voir 4.9);
- la capacité de la traversée (voir 3.41) et le facteur de dissipation diélectrique;
- le type de gaz isolant et la pression assignée de remplissage (voir 3.29), s'il y a lieu;
- la masse, si elle est supérieure à 100 kg;
- l'angle de montage maximal, s'il dépasse 30° par rapport à la verticale (voir 4.6).

Des exemples de plaques de marquage sont donnés dans les Figures 2 à 4.

NOTE Les mesures de capacité et du facteur de dissipation diélectrique faites sur site peuvent différer des valeurs indiquées sur la plaque signalétique. Il est recommandé de faire des mesures de référence lors de l'installation.

	RAISON SOCIALE DU FABRICANT	
Année	Désignation de type:.....	. N° .....
U_m .....kV	I_r ..... A	f_r ..... Hz
BIL ..... kV	SIL ..... kV	CA ..... kV
Masse ..... kg	Angle max. par rapport à la verticale ..... degrés	
Capacité ..... pF	Facteur de dissipation .....%	

Informations complémentaires pour les traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse, immergées dans un gaz et imprégnées de gaz:

Type de gaz .....
Pression assignée de remplissage de gaz à 20 °C ..... bar de pression relative
Pression minimale du gaz à 20 °C .....bar de pression relative

IEC 2001/03

Figure 2 – Plaque d'identification pour les traversées de tensions les plus élevées pour le matériel supérieures à 100 kV

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

RAISON SOCIALE DU FABRICANT		
Année	Désignation de type:.....	N° .....
U_m ..... kV	I_r . ..... A	f_r ..... Hz

IEC 2002/03

Figure 3 – Plaque d'identification pour les traversées de tensions les plus élevées pour le matériel inférieures ou égales à 100 kV, à l'exception des traversées auxquelles s'applique la Figure 2

RAISON SOCIALE DU FABRICANT		
Année	U_m ..... kV	I_r .....A

IEC 2003/03

Figure 4 – Plaque d'identification pour les traversées de tensions les plus élevées pour le matériel inférieures ou égales à 52 kV constituées de céramique, de verre ou de matériaux inorganiques, de résine ou d'une isolation combinée (voir 10.3)

7 Exigences d'essais

7.1 Exigences générales

Tous les essais doivent être effectués en accord avec les publications CEI appropriées citées en référence dans les articles particuliers. Les essais sur les enveloppes isolantes en céramique doivent être effectués conformément à la CEI 62155. Les essais sur les isolateurs composites doivent être effectués conformément à la CEI 61462 et à la CEI 62217. Tous les essais de haute tension, en accord avec 8.1 à 8.4, 9.2 et 9.3, doivent être effectués conformément à la CEI 60060-1.

A la demande de l'acheteur, le fournisseur doit présenter un certificat détaillé relatif aux essais de type. Les essais doivent avoir été effectués sur des traversées dont la construction ne diffère de celle offerte à l'acheteur en aucune façon qui puisse améliorer les caractéristiques à vérifier par un essai de type. La répétition d'un essai de type n'est obligatoire que lorsqu'elle est spécifiée dans un contrat déterminé.

A la demande de l'acheteur, le fournisseur doit donner toute information concernant les distances d'isolement minimales par rapport aux parties mises à la terre dans la disposition de service.

Les valeurs des tensions applicables pour les essais de tenue effectués sur des traversées sortant de fabrication sont celles qui sont indiquées dans le Tableau 4. Dans le cas des traversées qui ont été en service, les valeurs des tensions des essais individuels de tenue doivent être réduites à 85 % de celles qui sont indiquées dans les tableaux.

Les traversées ne doivent pas être endommagées par suite des contournements admissibles dans l'air lors des essais décrits en 8.1, 8.3, 8.4, 9.2 et 9.3, mais de légères traces restant sur la surface en porcelaine des parties isolantes sont acceptables.

Une définition des termes «contournement» et «perforation» est donnée dans la CEI 60050(212):1990, définition 212-01-37 et définition 212-01-38, respectivement.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

7.2 Classification des essais

Les Tableaux 5, 6, 10 et 11 montrent l'applicabilité des essais pour les différents types de traversées.

Dans le cas des traversées de tensions les plus élevées pour le matériel, inférieures ou égales à 52 kV, composées de céramique, de verre ou de matériaux inorganiques, de résine ou d'isolants composites, voir l'Article 10. Pour les autres traversées, les essais ayant pour but de vérifier les propriétés diélectriques, thermiques et mécaniques des traversées comprennent les essais suivants.

7.2.1 Essais de type

- essai de tenue sous tension à fréquence industrielle à sec ou sous pluie (voir 8.1);
- essai de tenue sous tension à fréquence industrielle de longue durée (ACLD) (voir 8.2);
- essai de tenue à la tension de choc de foudre à sec (voir 8.3);
- essai de tenue à la tension de choc de manœuvre à sec ou sous pluie (voir 8.4);
- essai de stabilité thermique (voir 8.5);
- essai de compatibilité électromagnétique (voir 8.6);
- essai d'échauffement (voir 8.7);
- vérification de la tenue au courant thermique de courte durée (voir 8.8);
- essai de tenue à la flexion (voir 8.9);
- essai d'étanchéité des traversées à remplissage de liquide, à remplissage de mélange et à isolation liquide (voir 8.10);
- essai de pression interne des traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse et imprégnées de gaz (voir 8.11);
- essai de pression externe des traversées partiellement ou totalement immergées dans un gaz (voir 8.12);
- vérification des dimensions (voir 8.13).

Tableau 5 – Applicabilité des essais de type (voir 7.2.1, sauf les traversées conformes à l'Article 10)

Paragraphe	Titre abrégé	Applicabilité au type de traversée	Traversée définie au paragraphe
8.1	CA à sec	Toutes les traversées d'intérieur, immergées d'intérieur et complètement immergées <300 kV	3.15, 3.18, 3.20
8.1	CA sous pluie	Toutes les traversées d'extérieur <300 kV	3.16, 3.17, 3.19
8.2	ACLD	Toutes les traversées de transformateurs ≥170kV	3.18, 3.19, 3.20
8.3	Foudre	Toutes	
8.4	Manœuvre	Toutes ≥300 kV	
	– à sec	– d'intérieur, immergées d'intérieur, et totalement immergées et toutes les traversées de transformateurs ≥245kV	3.15, 3.18, 3.20
	– sous pluie	– d'extérieur	3.16, 3.17, 3.19
8.5	Stabilité thermique	Toutes, partiellement ou complètement immergées, milieu d'immersion ≥60 °C et >300 kV pour OIP et RIP ≥145 kV pour les autres	3.18, 3.19, 3.20
8.7	Echauffement	Toutes, sauf à isolation liquide selon 3.4	

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Paragraphe	Titre abrégé	Applicabilité au type de traversée	Traversée définie au paragraphe
8.8	Thermique de courte durée	Toutes, si la température calculée est trop élevée	
8.9	Flexion	Toutes	
8.10	Etanchéité	Toutes celles à remplissage de liquide et à isolation liquide, sauf celles à liquide de remplissage très visqueux	3.2, 3.4
8.11	Pression	Toutes celles contenant un gaz de ≥1 l et >0,5 bar de pression relative	3.5, 3.6, 3.7
8.12	Pression externe	Toutes celles partiellement ou totalement immergées dans un gaz, pression du gaz >0,5 bar de pression relative	3.18, 3.19, 3.20
8.13	Dimensions	Toutes	

7.2.2 Essais individuels

- mesure du facteur de dissipation diélectrique (tan δ) et de la capacité à la température ambiante (voir 9.1);
- essai de tenue à la tension de choc de foudre à sec (voir 9.2);
- essai de tenue sous tension à fréquence industrielle à sec (voir 9.3);
- mesure de l'intensité des décharges partielles (voir 9.4);
- essais de l'isolement des prises (voir 9.5);
- essai de pression interne des traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse ou imprégnées de gaz (voir 9.6);
- essai d'étanchéité des traversées à remplissage de liquide, à remplissage de mélange et à isolation liquide (voir 9.7);
- essai d'étanchéité des traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse et imprégnées de gaz (voir 9.8);
- essai d'étanchéité de la bride ou autres dispositifs de fixation (voir 9.9);
- examen visuel et vérification des dimensions (voir 9.10).

Tableau 6 – Applicabilité des essais individuels (voir 7.2.2, sauf les traversées conformes à l'Article 10)

Paragraphe	Titre abrégé	Applicabilité au type de traversée	Traversée définie au paragraphe
9.1	tan δ/capacité	Toutes les traversées à répartition capacitive	3.14
9.2	Foudre	Toutes les traversées pour transformateurs, BIL ≥245 kV	
9.3	CA à sec	Toutes	
9.4	Décharges partielles	Toutes	
9.5	Prise	Toutes celles munies d'une prise	
9.6	Pression interne	Toutes celles contenant du gaz	3.5, 3.6, 3.7
9.7	Etanchéité pour liquide	Toutes celles contenant du liquide, sauf les liquides très visqueux	3.2, 3.4
9.8	Etanchéité pour gaz	Toutes celles contenant du gaz, avec quelques exceptions	3.5, 3.6, 3.7 3.18, 3.19, 3.20
9.9	Etanchéité à la bride	Toutes celles totalement ou partiellement immergées dans l'huile ou dans un gaz, avec quelques exceptions	3.18, 3.19, 3.20

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Paragraphe	Titre abrégé	Applicabilité au type de traversée	Traversée définie au paragraphe
9.10	Examen visuel et dimensions	Toutes	

7.2.3 Essais spéciaux

Les essais spéciaux sont effectués seulement lorsqu'ils font l'objet d'un accord contractuel entre le fournisseur et l'acheteur.

- essais sismiques (en référence à la CEI 61463);
- essais sous pollution artificielle pour les isolateurs en porcelaine (en référence à la CEI 60507). Si l'isolateur est conçu conformément à la CEI 60815, aucun essai sous pollution artificielle n'est exigé.

7.3 Etat des traversées lors des essais diélectriques et thermiques

Durant tous les essais, la température de l'air ambiant et des milieux d'immersion, s'il y en a, doit être comprise entre 10 °C et 40 °C. Les essais diélectriques et thermiques ne doivent être effectués que sur des traversées complètes avec leurs brides ou autres dispositifs de fixation et tous les accessoires dont elles sont munies en service, sans les éclateurs de protection, s'il y en a. Les prises de mesure et de tension doivent être mises à la terre ou maintenues à un potentiel voisin de la terre.

Les traversées à remplissage de liquide et à isolation liquide conformes à 3.2 et 3.4 doivent être remplies au niveau normal avec l'isolant liquide de la qualité spécifiée par le fournisseur.

Les traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse et imprégnées de gaz conformes à 3.5, 3.6 et 3.7 doivent être remplies avec le type de gaz isolant spécifié par le fournisseur et portées à la pression minimale conforme à 3.29, à la température de référence de 20 °C. Si, au commencement de l'essai, la température est différente de 20 °C, la pression doit être modifiée en conséquence.

Les traversées partiellement ou totalement immergées, conformément à 3.18, 3.19 et 3.20, doivent normalement être immergées dans un milieu d'immersion aussi voisin que possible de celui qui est employé en service normal. Les autres milieux doivent faire l'objet d'un accord entre le fournisseur et l'acheteur. Dans le cas de traversées pour une connexion directe entre le GIS et les transformateurs, il est permis d'augmenter la pression dans l'enveloppe gazeuse, au cours des essais diélectriques individuels, pour compenser les différences dans les exigences de tenue pour les traversées des GIS et des transformateurs (voir Tableau 4).

L'acheteur peut demander un essai de simulation en tant qu'essai spécial destiné à prouver l'adéquation de la traversée dans une disposition de service spécifique. En particulier, dans le cas de traversées destinées à être utilisées dans un appareillage à isolation gazeuse et dans les transformateurs, il peut être nécessaire d'effectuer des essais avec simulation des pièces métalliques adjacentes dans l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse (GIS) ou du côté transformateur. De tels essais doivent faire l'objet d'un accord préalable entre le fournisseur et l'acheteur.

NOTE Pour les traversées de transformateurs, il convient de prêter une attention particulière aux distances d'isolement dans l'huile, par exemple avec un diamètre plus grand que le touret du transformateur prévu, afin de satisfaire aux exigences de 9.3 sans aucun claquage éventuel dans l'huile.

Etant donné que les essais diélectriques individuels (voir 7.2.2) ont pour but la vérification de l'isolation interne uniquement, il est autorisé, pendant ces essais, d'ajouter des écrans autour des parties métalliques extérieures de la traversée.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

La traversée est normalement essayée selon une disposition telle qu'il existe une distance d'isolement suffisante par rapport aux pièces mises à la terre, pour éviter des contournements directs dans l'air ambiant ou dans le milieu d'immersion.

Les traversées des appareillages sous enveloppe métallique à isolation gazeuse (GIS) et des transformateurs sont normalement essayées en position verticale, avec la bride mise à la terre ou maintenue à un potentiel voisin de la terre.

Pour l'essai de tenue sous tension à fréquence industrielle sous pluie et de tenue à la tension de choc de manœuvre sous pluie, l'angle de montage de la traversée peut faire l'objet d'un accord spécial entre le fournisseur et l'acheteur.

Avant de commencer les essais diélectriques, l'isolateur doit être propre et sec, et en équilibre thermique avec l'air ambiant.

Si les conditions atmosphériques réelles s'écartent des valeurs données dans la CEI 60060-1, les corrections données dans le Tableau 7 doivent être effectuées.

Tableau 7 – Correction des tensions d'essai (voir 7.3)

Article	Essai	Correction [a, b, c]
8.1	Essai de tenue sous tension à fréquence industrielle à sec	Multiplier par $k_1 \times k_2$ dans les conditions indiquées ci-dessous
8.1	Essai de tenue sous tension à fréquence industrielle sous pluie	Multiplier par k_1
8.2	Essai de tenue sous tension à fréquence industrielle de longue durée	Aucune
8.3	Essai de tenue à la tension de choc de foudre à sec	Multiplier par $k_1 \times k_2$ dans les conditions indiquées ci-dessous
8.4	Essai de tenue à la tension de choc de manœuvre à sec	Multiplier par $k_1 \times k_2$ dans les conditions indiquées ci-dessous
8.4	Essai de tenue à la tension de choc de manœuvre sous pluie	Multiplier par k_1 dans les conditions indiquées ci-dessous
8.5	Essai de stabilité thermique	Aucune
8.6	Essais de compatibilité électromagnétique	Aucune
9.1	Mesure du facteur de dissipation diélectrique et de la capacité	Aucune
9.3	Essai de tenue sous tension à fréquence industrielle à sec	Aucune
9.4	Mesure de l'intensité des décharges partielles	Aucune
9.5	Essais de l'isolement des prises	Aucune

[a] k_1 et k_2 doivent être déterminés conformément à la CEI 60060-1.

[b] Dans le cas d'essais au choc où la correction aboutit à une valeur de tension d'essai inférieure à celle qui est spécifiée, la correction doit être effectuée sur la polarité pour laquelle la tension de tenue extérieure est la plus critique, et il faut appliquer à la polarité opposée au moins la pleine valeur de tension.

[c] Lorsque le facteur de correction est supérieur à 1, la correction s'applique aux deux polarités, mais s'il est supérieur à 1,05, l'acheteur et le fournisseur doivent passer un accord pour déterminer si l'essai doit être effectué ou non.

8 Essais de type

L'ordre à suivre pour effectuer les essais ou la combinaison éventuelle des essais est à la discrétion du fournisseur, sauf les essais de tenue à la tension de choc qui doivent avoir été effectués avant l'essai de tenue sous tension à fréquence industrielle à sec (voir 9.3). Avant et après la série d'essais de type, des mesures du facteur de dissipation diélectrique et de la

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

capacité (voir 9.1) et de l'intensité des décharges partielles (voir 9.4) doivent être effectuées afin de vérifier si des détériorations se sont produites.

8.1 Essai de tenue sous tension à fréquence industrielle à sec ou sous pluie

8.1.1 Applicabilité

L'essai à sec est applicable à toutes les traversées conformes à 3.15, 3.18 et 3.20, qui ne sont pas soumises à un essai individuel (voir 9.3).

L'essai sous pluie est applicable à toutes les traversées d'extérieur conformes à 3.16, 3.17 et 3.19 et dont U_m est inférieure ou égale à 245 kV.

8.1.2 Méthode d'essai et exigences

La valeur de la tension d'essai est donnée dans le Tableau 7. La durée de l'essai doit être de 60 s, indépendamment de la fréquence.

8.1.3 Acceptation

La traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai si aucun contournement ni aucune perforation n'est apparu(e). S'il y a perforation, la traversée doit être considérée comme ayant échoué à l'essai. Pour les traversées à répartition capacitive, il est supposé qu'une perforation s'est produite si la capacité, mesurée après l'essai, s'élève au-dessus de la capacité mesurée précédemment d'une valeur correspondant environ à la capacité d'une couche. S'il se produit un contournement, l'essai doit être répété une seule fois. Si, durant la répétition de l'essai, il ne se produit ni contournement ni perforation, la traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai.

8.2 Essai de tenue sous tension à fréquence industrielle de longue durée (ACLD)

8.2.1 Applicabilité

L'essai est applicable à toutes les traversées de transformateurs ayant une valeur assignée supérieure ou égale à 170 kV.

8.2.2 Méthode d'essai et exigences

La tension doit suivre le profil donné à la Figure 5;

- augmentée à 1,1 $U_m/\sqrt{3}$ et maintenue à cette valeur pendant une durée (A) de 5 min;
- augmentée à U_2 = 1,5 $U_m/\sqrt{3}$ et maintenue à cette valeur pendant une durée (B) de 5 min;
- augmentée à $U_1 = U_m$ et maintenue à cette valeur pendant une durée (C) de 1 min;
- immédiatement après le temps d'essai, réduite sans interruption à U_2 et maintenue à cette valeur pendant une durée (D) d'au moins 60 min lorsque U_m ≥300 kV ou 30 min pour U_m <300 kV pour mesurer les décharges partielles;
- réduite à 1,1 $U_m/\sqrt{3}$ et maintenue à cette valeur pendant une durée (E) de 5 min;
- réduite à 0 V.

La durée de l'essai doit être indépendante de la fréquence d'essai. Les décharges partielles doivent être contrôlées au cours de toute l'application de la tension d'essai et doivent être enregistrées à intervalles de 5 min.

8.2.3 Acceptation

La traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai si aucun contournement ni aucune perforation n'est apparu(e). Pour les traversées à répartition capacitive, il est supposé qu'une perforation s'est produite si la capacité, mesurée après l'essai, s'élève au-dessus de

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

la capacité mesurée précédemment d'une valeur correspondant environ à la capacité d'une couche.

Les valeurs maximales admissibles de l'intensité des décharges partielles en fonction du type de traversée à toute étape de l'essai doivent être celles données dans le Tableau 9.

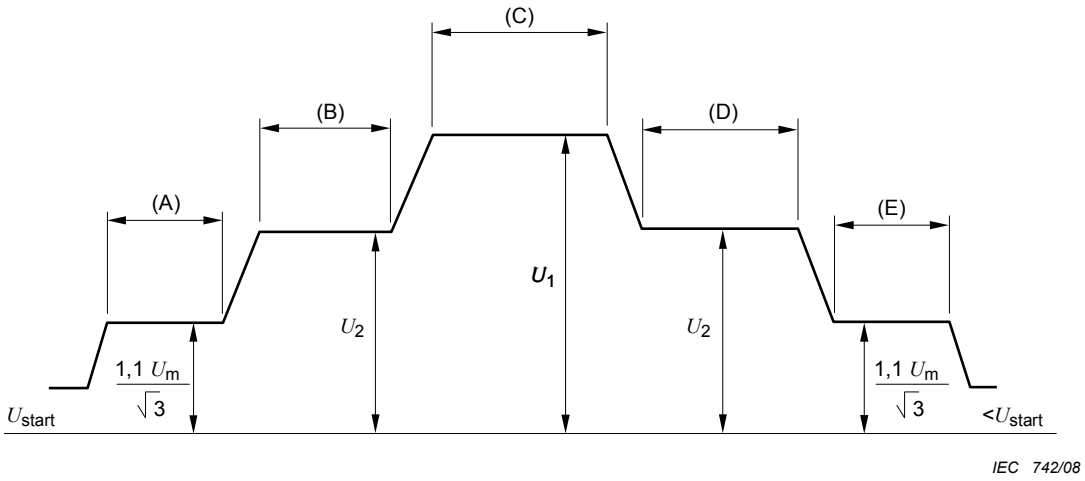

Figure 5 – Profil de tension pour l'essai de longue durée ACLD

où U_{start} est la tension de commutation pour l'équipement d'essai.

8.3 Essai de tenue à la tension de choc de foudre à sec (BIL)

8.3.1 Applicabilité

L'essai est applicable à tous les types de traversées.

8.3.2 Méthode d'essai et exigences

La valeur de la tension d'essai est donnée dans le Tableau 4. La traversée doit être soumise à:

– 15 chocs de foudre pleins de polarité positive, suivis de
– 15 chocs de foudre pleins de polarité négative

du choc de foudre normalisé 1,2/50 µs.

Les traversées pour transformateurs de tension U_m supérieure à 72,5 kV doivent être soumises à:

– 15 chocs de foudre pleins de polarité positive, suivis de
– 1 choc de foudre plein de polarité négative à 110 % du BIL nominal, suivi de
– 5 chocs de foudre coupés de polarité négative à 121 % du BIL nominal, suivis de
– 14 chocs de foudre pleins de polarité négative à 110 % du BIL nominal.

La durée d'amorçage du dispositif de coupure doit être comprise entre 2 µs et 6 µs.

Pour les traversées de transformateurs de U_m supérieure à 72,5 kV et inférieure à 245 kV non soumises à des essais de choc individuels (voir 9.2), l'essai doit être réalisé sur trois traversées de la même conception et du même lot de production.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Il est admis, après avoir changé la polarité, d'appliquer quelques chocs de faible amplitude avant l'application des chocs d'essai. Les intervalles de temps entre les applications successives de la tension doivent être suffisants pour éviter l'influence de l'application précédente de tension.

Dans le cas des traversées pour appareillage à isolation gazeuse, des exigences d'essai particulières pour l'essai au choc de foudre coupé peuvent faire l'objet d'un accord entre le fournisseur et l'acheteur pour couvrir le comportement de la traversée lors de tensions transitoires très rapides.

Les tensions doivent être enregistrées pour chaque choc.

8.3.3 Acceptation

Les traversées doivent être considérées comme ayant satisfait à l'essai, si

– il ne se produit aucune perforation pour les deux polarités, et

– le nombre de contournements dans l'air ne dépasse pas deux pour chaque série de 15 chocs;

sauf dans le cas de traversées de transformateurs pour lesquelles on n'admet

– aucun contournement sur l'extrémité dans l'huile,

– pas plus de deux contournements dans l'air à la polarité positive, et

– pas de contournement dans l'air à la polarité négative.

Pour les traversées à isolation gazeuse:

– le nombre de décharges disruptives ne doit pas dépasser deux pendant chaque série de 15 chocs;

– aucune décharge disruptive ne doit se produire sur l'isolation non auto-régénératrice.

Cela est vérifié par au moins cinq chocs sans décharge disruptive après le dernier choc de la série de 15 chocs de chaque polarité, pendant laquelle s'est produite la dernière décharge disruptive. Si ce choc est l'un des cinq derniers d'une série de 15 chocs de chaque polarité, des chocs supplémentaires doivent être appliqués.

Si des décharges disruptives se produisent et si, pour quelque raison que ce soit, la preuve que les décharges disruptives étaient exclusivement sur l'isolation auto-régénératrice ne peut être donnée au cours des essais, la traversée doit être démontée après les essais diélectriques et examinée. Si des perforations de l'isolation non auto-régénératrice sont observées, la traversée n'a pas satisfait aux essais.

8.4 Essai de tenue à la tension de choc de manœuvre à sec ou sous pluie (SIL)

8.4.1 Applicabilité

L'essai est applicable à toutes les traversées de tension assignée U_{m} supérieure ou égale à 300 kV.

Un essai à sec est applicable aux traversées d'intérieur, aux traversées immergées d'intérieur et aux traversées complètement immergées conformes à 3.15, 3.18 et 3.20.

L'essai sous pluie s'applique aux traversées d'extérieur conformes à 3.16, 3.17 et 3.19.

En complément, un essai à sec est applicable à toutes les traversées de transformateurs de tension U_{m} supérieure ou égale à 245 kV.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

8.4.2 Méthode d'essai et exigences

Pour ces essais, la CEI 60060-1 peut être utilisée. Pour simuler les conditions de service, la traversée doit être montée sur une plaque mise à la terre; cette plaque doit s'étendre à partir de l'axe de la traversée d'au moins 0,4 *L* dans chaque direction, *L* étant la distance d'arc à sec de la traversée. La connexion à haute tension doit être fixée à l'extrémité de la traversée et doit rester dans l'axe de celle-ci au moins jusqu'à 0,4 *L* au-dessus du sommet de la traversée. Dans le cas de traversées ayant une extrémité immergée, les détails de l'immersion doivent faire l'objet d'un accord.

La valeur de la tension d'essai est donnée dans le Tableau 4.

La traversée doit être soumise successivement à

– 15 chocs de polarité positive, suivis de
– 15 chocs de polarité négative

du choc de manœuvre normalisé 250/2 500 µs.

Pour les traversées de transformateurs, l'essai en polarité négative doit être à 110 % du SIL nominal.

Il est admis, après avoir changé la polarité, d'appliquer quelques chocs de faible amplitude avant l'application des chocs d'essai. Les intervalles de temps entre les applications successives de la tension doivent être suffisants pour éviter l'influence de l'application précédente de tension.

Les tensions doivent être enregistrées pour chaque choc.

8.4.3 Acceptation

La traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai si

– il ne se produit aucune perforation pour les deux polarités, et si
– le nombre de contournements dans l'air pour chaque polarité ne dépasse pas deux pour chaque série de 15 chocs;

sauf dans le cas de traversées de transformateurs pour lesquelles on n'admet

– aucun contournement sur l'extrémité dans l'huile,
– pas plus de deux contournements dans l'air à la polarité positive, et
– pas de contournement dans l'air à la polarité négative.

Pour les traversées à isolation gazeuse:

– le nombre de décharges disruptives ne doit pas dépasser deux pendant chaque série de 15 chocs;
– aucune décharge disruptive ne doit se produire sur l'isolation non auto-régénératrice.

Cela est vérifié par au moins cinq chocs sans décharge disruptive après le dernier choc de la série de 15 chocs de chaque polarité, pendant laquelle s'est produite la dernière décharge disruptive. Si ce choc est l'un des cinq derniers d'une série de 15 chocs de chaque polarité, des chocs supplémentaires doivent être appliqués.

Si des décharges disruptives se produisent et si, pour quelque raison que ce soit, la preuve que les décharges disruptives étaient exclusivement sur l'isolation auto-régénératrice ne peut être donnée au cours des essais, la traversée doit être démontée après les essais

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

diélectriques et examinée. Si des perforations de l'isolation non auto-régénératrice sont observées, la traversée n'a pas satisfait aux essais.

8.5 Essai de stabilité thermique

8.5.1 Applicabilité

L'essai s'applique à toutes les traversées partiellement ou totalement immergées conformes à 3.18, 3.19 et 3.20. L'isolation principale de ces traversées est assurée par un matériau organique, destiné aux appareils remplis d'un milieu isolant dont la température de service est supérieure ou égale à 60 °C et dont la tension assignée U_m est supérieure à 300 kV pour les traversées en papier imprégné d'huile et de résine et supérieure ou égale à 145 kV pour les autres types de traversées.

L'essai peut toutefois être supprimé, s'il peut être démontré, à partir des résultats d'essais comparables ou à l'aide de calculs, que la stabilité thermique de la traversée est assurée.

8.5.2 Méthode d'essai et exigences

Les extrémités de la traversée qui sont destinées à l'immersion dans l'huile, ou dans un autre milieu liquide isolant, doivent être immergées dans l'huile. La température de l'huile doit être maintenue à la température de service de l'appareil ±2 K, sauf dans le cas des traversées de transformateurs où la température de l'huile doit être de 90 °C ± 2 °C. Cette température doit être mesurée au moyen de thermomètres immergés dans l'huile à environ 3 cm au-dessous de la surface et à environ 30 cm de la traversée.

Les extrémités des traversées destinées à l'immersion dans un milieu gazeux isolant autre que l'air à la pression atmosphérique doivent être correctement immergées dans le gaz isolant à la pression minimale définie en 3.29. Le gaz doit être maintenu à une température ayant fait l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur.

Les pertes du conducteur correspondant à I_r doivent être simulées par des méthodes appropriées. L'une des méthodes consiste à enrouler un fil résistif isolé autour d'un conducteur factice et à l'alimenter par un courant adéquat. La résistance du fil et le courant doivent être ajustés de façon à produire les mêmes pertes que le conducteur final.

La tension d'essai doit être

– U_m pour les traversées dont U_m est inférieure ou égale à 170 kV,
– 0,8 U_m pour les traversées dont U_m est supérieure à 170 kV.

L'essai ne doit pas être commencé tant que la stabilité thermique entre l'huile et la traversée n'est pas atteinte.

Pendant l'essai, le facteur de dissipation diélectrique doit être mesuré fréquemment et la température de l'air ambiant doit être enregistrée à chaque mesure.

La traversée a atteint sa stabilité thermique lorsque son facteur de dissipation diélectrique ne montre aucune tendance à l'accroissement, compte tenu de la température ambiante, pendant une durée de 5 h.

8.5.3 Acceptation

La traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai si elle a atteint sa stabilité thermique et si elle a satisfait à la répétition de tous les essais diélectriques individuels, sans écart significatif par rapport aux résultats précédents.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

8.6 Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)

8.6.1 Essai d'émission

8.6.1.1 Applicabilité

Cet essai est applicable à toutes les traversées d'intérieur et d'extérieur dont la tension la plus élevée pour le matériel est supérieure ou égale à 123 kV.

8.6.1.2 Méthode d'essai et exigences

La traversée doit être installée comme indiqué en 7.3.

La bride et les autres parties normalement mises à la terre doivent être reliées à la terre. Il convient de veiller à ce que des objets reliés ou non à la terre et situés à proximité de la traversée et du circuit d'essai et de mesure, n'influencent pas les mesures.

La traversée doit être sèche et propre et sa température doit être approximativement celle de la salle dans laquelle on effectue l'essai. Il convient qu'elle ne soit pas soumise à d'autres essais diélectriques dans les 2 h qui précèdent le présent essai.

Les connexions d'essai et leurs extrémités ne doivent pas provoquer de tensions de perturbation radioélectrique de valeurs supérieures à celles qui sont indiquées ci-dessous. Les connexions à haute tension doivent être fixées à l'extrémité de la traversée et doivent rester dans l'axe de celle-ci au moins jusqu'à 0,2 L au-dessus du sommet de la traversée, où L est la distance d'arc de la traversée. Le diamètre maximal de cette connexion doit être la moitié du diamètre de la tête de traversée.

Le circuit de mesure doit être conforme à la CISPR 18-2. Le circuit de mesure doit être accordé de préférence pour une fréquence de 0,5 MHz à 10 % près, mais d'autres fréquences comprises entre 0,5 MHz et 2 MHz peuvent être utilisées, la fréquence de mesure étant notée. Les résultats doivent être exprimés en microvolts.

Si on utilise des impédances de mesure différentes de celles qui sont spécifiées dans les publications du CISPR, ces impédances ne doivent pas être supérieures à 600 Ω ni inférieures à 30 Ω; dans tous les cas, le déphasage ne doit pas dépasser 20°. La tension équivalente de perturbation radioélectrique pour 300 Ω peut être calculée en supposant que la tension mesurée est directement proportionnelle à la résistance, sauf pour les traversées de grande capacité, pour lesquelles une correction effectuée suivant cette méthode peut être imprécise. Par conséquent, une résistance de 300 Ω est recommandée pour les traversées munies de brides mises à la terre.

Le filtre F doit avoir une impédance élevée, à la fréquence de mesurage, de telle sorte que l'impédance entre le conducteur à haute tension et la terre ne soit pas shuntée de façon appréciable lorsqu'elle est vue de la traversée en essai. Ce filtre réduit également les courants de fréquence radioélectrique qui circulent dans le circuit d'essai et qui sont produits par le transformateur à haute tension ou recueillis à partir de sources étrangères au circuit. On a trouvé que la valeur appropriée de cette impédance était comprise entre 10 000 Ω et 20 000 Ω à la fréquence de mesure.

On doit s'assurer par des moyens convenables que le niveau de fond des perturbations radioélectriques (niveau de perturbation radioélectrique dû au champ extérieur et au transformateur haute tension lorsque son circuit magnétique est soumis à la pleine tension d'essai) est inférieur d'au moins 6 dB et de préférence 10 dB au niveau de perturbation radioélectrique spécifié pour la traversée à essayer. Les méthodes d'étalonnage des instruments de mesure et des circuits de mesure sont données, respectivement, dans la CISPR 16-1 et la CISPR 18-2.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Etant donné que le niveau de perturbation radioélectrique peut être affecté par des fibres ou des poussières qui se déposent sur les isolateurs, il est permis d'essuyer les isolateurs avec un chiffon propre avant d'effectuer une mesure. Les conditions atmosphériques pendant l'essai doivent être notées. On ne connaît pas les facteurs de correction à appliquer aux essais de perturbations radioélectriques, mais on sait que ces essais peuvent être sensibles à une humidité relative élevée et on peut douter de la valeur des résultats des essais si l'humidité relative est supérieure à 80 %.

La procédure d'essai suivante doit être suivie:

Une tension de 1,1 $U_m / \sqrt{3}$ doit être appliquée à la traversée et maintenue pendant au moins 5 min, U_m étant la tension la plus élevée pour le matériel. La tension doit ensuite être réduite par paliers jusqu'à 0,3 $U_m / \sqrt{3}$, puis augmentée de nouveau par paliers jusqu'à la valeur initiale et finalement réduite par paliers jusqu'à 0,3 $U_m / \sqrt{3}$. A chaque palier, une mesure du niveau des perturbations radioélectriques doit être effectuée et les niveaux, tels qu'ils sont enregistrés pendant la dernière série de descente de tension, doivent être notés en fonction de la tension appliquée; la courbe ainsi obtenue est la caractéristique de perturbation radioélectrique de la traversée. L'amplitude des paliers de tension doit être approximativement égale à 0,1 $U_m / \sqrt{3}$.

8.6.1.3 Acceptation

On doit considérer que la traversée a satisfait à l'essai si le niveau de perturbation radioélectrique à une tension de 1,1 $U_m / \sqrt{3}$ ne dépasse pas 2 500 μV.

Si l'on peut montrer que la traversée, sans blindage externe, ne présente pas de décharges partielles, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de décharges au-dessus du niveau de bruit de fond spécifié en 9.4.2, elle peut être considérée comme satisfaisant à l'essai d'émission.

8.6.2 Essai d'immunité

Aucun essai n'est exigé.

8.7 Essai d'échauffement

8.7.1 Applicabilité

L'essai est applicable à tous les types de traversées, à l'exclusion des traversées à isolation liquide conformes à 3.4, sauf s'il peut être démontré, à l'aide d'un calcul fondé sur des essais comparatifs, que les limites de température spécifiées sont respectées.

8.7.2 Méthode d'essai et exigences

Les traversées dont une ou les deux extrémités sont destinées à l'immersion dans l'huile ou dans un autre liquide isolant doivent être immergées de façon appropriée dans de l'huile à température ambiante, sauf dans le cas de traversées de transformateurs où l'huile doit être maintenue à une température de 60 K ± 2 K au-dessus de la température de l'air ambiant.

NOTE 1 Pour certaines applications (par exemple transformateur de générateurs), la température de l'huile dans la partie supérieure du transformateur est souvent limitée à des valeurs inférieures à la limite normale prescrite par la CEI. Sous réserve d'un accord entre le fabricant et l'acheteur, l'échauffement normalisé de 60 K de l'huile peut être réduit pour refléter au mieux la température de l'huile dans la partie supérieure du transformateur.

Les traversées avec conducteur introduit dans le tube central doivent être montées avec un conducteur approprié dont la section doit être conforme à I_r. Lorsque l'huile du transformateur est en communication avec le tube central de la traversée, le niveau de l'huile ne doit pas dépasser un tiers de la hauteur de la partie extérieure.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Les extrémités de la traversée destinées à l'immersion dans un milieu isolant gazeux autre que l'air à la pression atmosphérique, doivent normalement être immergées de façon appropriée dans un gaz isolant à la pression minimale, conformément à 3.29, le gaz étant à la température ambiante au commencement de l'essai.

Les traversées à isolation gazeuse doivent être à la température ambiante au commencement de l'essai.

Pour les traversées de transformateurs fonctionnant en conduit isolé à l'air, le côté air doit être recouvert d'un cylindre fermé approprié. Durant l'essai, la température de l'air doit être amenée à 40 K ± 2 K au-dessus de la température de l'air ambiant, soit par chauffage individuel ou soit indirectement.

Un nombre approprié de couples thermoélectriques ou autres dispositifs de mesure doivent être, autant que possible, placés le long du conducteur de la traversée, du tube central et des autres parties de passage de courant, et éventuellement sur la bride ou autre dispositif de fixation, de manière à déterminer le point le plus chaud des pièces métalliques de la traversée en contact avec le matériau isolant, avec une précision raisonnable.

La température de l'air ambiant doit être mesurée avec des thermomètres à inertie placés autour de la traversée à mi-hauteur et à une distance de 1 m à 2 m de celle-ci.

NOTE 2 Un degré satisfaisant d'inertie est obtenu en plaçant les thermomètres dans des récipients remplis d'environ 0,5 l d'huile.

La température de l'huile ou du gaz doit être mesurée au moyen de thermomètres placés à une distance de 30 cm de la traversée et, dans le cas de l'huile, à 3 cm au-dessous de la surface de l'huile.

L'essai doit être effectué à I_r ± 2 % à la fréquence assignée, toutes les pièces de la traversée étant substantiellement au potentiel de la terre. Si la fréquence lors de l'essai est différente de la fréquence assignée, le courant peut être ajusté afin d'obtenir des pertes équivalentes.

Les connexions extérieures temporaires utilisées pour cet essai doivent être de dimensions telles qu'elles ne contribuent pas exagérément au refroidissement de la traversée pendant l'essai. Ces conditions sont considérées comme ayant été satisfaites si la diminution de la température à partir du raccordement de la traversée jusqu'à un point situé à 1 m de distance le long de la connexion, ne dépasse pas 5 K, ou si le gradient thermique le long du conducteur externe est de 5 K par mètre pour les connexions courtes.

Les essais doivent être poursuivis jusqu'à ce que l'échauffement soit sensiblement constant. Cela est considéré comme étant le cas si la température ne varie pas de plus de ± 1 K pendant 1 h.

Afin de fournir des données pour la modélisation thermique des traversées, par exemple les traversées d'extérieur des appareillages à isolation gazeuse, fonctionnant dans des conditions différentes de charge de courant et de température ambiante, il est recommandé par un accord d'effectuer des essais de surcharge et d'enregistrer les fonctions temporelles de toutes les valeurs de températures.

Afin d'éviter la destruction de l'isolation dans le cas de traversées dont le conducteur est enrobé dans le matériau d'isolation, la température du point le plus chaud peut être, après accord entre l'acheteur et le fournisseur, déterminée comme suit:

La température maximale θ_M du conducteur est déduite des équations (1) et (2):

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

$$\theta_{\mathrm{M}} = \frac{\left[3\left(\frac{R_{\mathrm{C}}}{R_{\mathrm{A}}} \times \frac{1}{\alpha} + \theta_{\mathrm{A}}\right) - \frac{3}{\alpha} - \theta_1 - \theta_2\right]^2 - [\theta_1 \times \theta_2]}{3\left[2\left(\frac{R_{\mathrm{C}}}{R_{\mathrm{A}}} \times \frac{1}{\alpha} + \theta_{\mathrm{A}}\right) - \frac{2}{\alpha} - \theta_1 - \theta_2\right]} \quad (1)$$

$$M = \left[3\left(\frac{R_{\mathrm{C}}}{R_{\mathrm{A}}} \times \frac{1}{\alpha} + \theta_{\mathrm{A}}\right) - \frac{3}{\alpha} - \theta_1 - \theta_2\right] - \theta_{\mathrm{M}} \quad (2)$$

Si le résultat M de l'équation (2) est positif, la température la plus élevée du conducteur est θ_{M} et elle est située en un point entre les extrémités du conducteur. Si le résultat M est négatif ou nul, la température la plus élevée du conducteur est θ_2.

Le point le plus chaud du conducteur est situé à une distance L_{M} de l'extrémité la plus froide, telle que:

$$L_{\mathrm{M}} = \frac{L}{1 \pm \sqrt{\frac{\theta_{\mathrm{M}} - \theta_2}{\theta_{\mathrm{M}} - \theta_1}}} \quad (3)$$

où

α est le coefficient de température de la résistance pour la température à laquelle la résistance R_{A} du conducteur est mesurée;

θ_1 est la température mesurée à l'extrémité la plus froide du conducteur, en degrés Celsius;

θ_2 est la température mesurée à l'extrémité la plus chaude du conducteur, en degrés Celsius;

θ_{A} est la température de référence uniforme du conducteur, en degrés Celsius;

θ_{M} est la température maximale du conducteur, en degrés Celsius;

L est la longueur du conducteur;

L_{M} est la distance de l'extrémité la plus froide du conducteur au point le plus chaud;

R_{A} est la résistance entre les extrémités du conducteur à la température uniforme θ_{A};

R_{C} est la résistance du conducteur parcouru par I_{r} après stabilisation de la température.

8.7.3 Acceptation

La traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai si les limites de température admissibles conformes à 4.8 sont satisfaites et si aucun indice visible de détérioration n'est constaté.

8.8 Vérification de la tenue au courant thermique de courte durée

8.8.1 Applicabilité

Cette vérification est applicable à tous les types de traversées.

8.8.2 Méthode de vérification et exigences

L'aptitude de la traversée à supporter les valeurs normalisées de I_{th} doit être démontrée par le calcul suivant:

$$\theta_{\mathrm{f}} = \theta_{\mathrm{o}} + \alpha \frac{I_{\mathrm{th}}^2}{S_{\mathrm{t}} \times S_{\mathrm{e}}} \times t_{\mathrm{th}} \quad (4)$$

où

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

θ_f est la température finale du conducteur, en degrés Celsius;

θ_o est la température du conducteur, en degrés Celsius, en service continu avec I_r à une température de l'air ambiant de 40 °C;

α vaut 0,8 (K/s)/(kA/cm^2)^2 pour le cuivre, et 1,8 (K/s)/(kA/cm^2)^2 pour l'aluminium;

t_{th} est la durée assignée telle qu'elle est spécifiée, en secondes;

I_{th} est la valeur normalisée spécifiée ci-dessus, en kiloampères;

S_e est la section équivalente tenant compte de l'effet de peau, en centimètres carrés;

S_t est la section totale du conducteur correspondant à I_r, en centimètres carrés.

Pour d'autres matériaux, la valeur de α utilisée peut être calculée à partir de la formule ci-dessous:

$$\alpha = \frac{\rho}{c \times \delta} \tag{5}$$

où

ρ est la résistivité du conducteur, en μΩ·cm;

c est la température spécifique du conducteur, en J/(g·K);

δ est la densité du conducteur, en g/cm^3.

Il est recommandé d'estimer les valeurs de ρ, c et δ utilisées dans l'équation (5) à une température moyenne de 160 °C.

Pour les conducteurs circulaires de diamètre D (cm), la section équivalente doit prendre en considération l'effet de peau. L'effet de peau peut être déterminé en considérant la profondeur de pénétration *d* du courant dérivé de la formule donnée ci-dessous:

$$d = \frac{1}{2\pi} \times \sqrt{\frac{\rho \times 10^3}{f}} \text{ cm} \tag{6}$$

où f est la fréquence assignée, en hertz.

Donc:

$$S_e = \pi d(D - d) \tag{7}$$

8.8.3 Acceptation

La traversée doit être considérée comme capable de supporter la valeur normale de I_{th} si θ_f ne dépasse pas 180 °C.

Si la température calculée dépasse cette limite, l'aptitude de la traversée à supporter la valeur normale de I_{th} doit être démontrée par un essai. Cet essai doit être effectué comme suit:

– la traversée peut être installée dans n'importe quelle position;

– un courant d'au moins la valeur normale de I_{th} et de durée t_{th}, conforme à 4.3, doit être appliqué au conducteur dont la section doit être conforme au courant assigné I_r.

Avant l'essai, la traversée doit être parcourue par un courant qui produit, après stabilisation du conducteur, la même température que le courant assigné à la température ambiante maximale.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

La traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai si aucun indice visible de détérioration n'est constaté et si elle a donné satisfaction lors d'une répétition de tous les essais individuels, sans écart significatif par rapport aux résultats précédents.

8.9 Essai de tenue à la flexion

8.9.1 Applicabilité

L'essai est applicable au côté air des traversées.

8.9.2 Méthode d'essai et exigences

Les valeurs de l'essai doivent être conformes au Tableau 1. Pour les traversées conformes à 3.21, les valeurs d'essai de tenue à la flexion doivent être limitées à:

300 N pour $I_r \leq 800$ A

1 000 N pour $I_r > 800$ A

La traversée doit être complètement montée et, si cela est applicable, remplie avec le milieu isolant spécifié. Sauf indication contraire, la traversée doit être installée verticalement et sa bride solidement fixée à un dispositif approprié.

Une pression égale à 1 bar ± 0,1 bar au-dessus de la pression maximale de service doit être appliquée à l'intérieur de la traversée et également à l'intérieur du tube central dans le cas d'une traversée avec une tige creuse ayant un joint du côté de l'extrémité à essayer.

Dans le cas de traversées à soufflet interne, la pression doit être spécifiée par le fournisseur.

Pour les traversées conformément à 3.5, 3.6 et 3.7, l'essai doit être réalisé avec une pression interne de gaz égale à la pression assignée de remplissage.

Pour des raisons de sécurité sur les traversées avec une enveloppe en porcelaine, l'essai peut être réalisé sans pression interne de gaz et la contrainte mécanique correspondante doit être remplacée par un moment supplémentaire équivalent, calculé conformément à la CEI 62155, Annexe D.

La charge doit être appliquée pendant 60 s perpendiculairement à l'axe de la traversée, au milieu du raccord. En général, il suffit de procéder à l'essai dans la direction qui provoque les contraintes les plus fortes aux endroits critiques de la traversée en service normal.

Pour les traversées ayant plus d'un raccord sur l'extrémité côté air, il est généralement suffisant d'appliquer la charge seulement à l'une des extrémités.

Pour les traversées murales, les essais de tenue à la flexion doivent être appliqués à chaque extrémité de la traversée séparément.

Les types de traversées définis en 3.5, 3.6 et 3.7 doivent subir avec succès l'essai de fuite conformément à 9.8 après l'essai de flexion.

8.9.3 Acceptation

La traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai si aucun indice visible de détérioration (déformation, rupture ou fuite) n'a été constaté et si elle a donné satisfaction lors d'une répétition de tous les essais individuels, sans écart significatif par rapport aux résultats précédents.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---
Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

8.10 Essai d'étanchéité sur des traversées à remplissage de liquide, à remplissage de mélange et à isolation liquide

8.10.1 Applicabilité

L'essai est applicable à toutes les traversées à remplissage de liquide ou de mélange et aux traversées à isolation liquide, conformes à 3.2 et 3.4, excepté les traversées dont le liquide de remplissage a une viscosité supérieure ou égale à 5×10^{-4} m^2/s à 20 °C.

8.10.2 Méthode d'essai et exigences

La traversée doit être montée comme dans les conditions de service normal, remplie du liquide spécifié et placée dans une enceinte convenablement chauffée, maintenue à une température de 75 °C pendant 12 h. Pour les traversées où cela n'est pas possible, des méthodes équivalentes peuvent être convenues entre l'acheteur et le fournisseur.

Une pression minimale de 1 bar ± 0,1 bar au-dessus de la pression maximale interne de service, conforme à 3.30, doit être maintenue à l'intérieur de la traversée pendant l'essai.

Dans le cas de traversées à soufflet interne, la pression doit être spécifiée par le fournisseur.

8.10.3 Acceptation

La traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai si aucune fuite n'est constatée. La méthode de détection doit être celle de la CEI 60068-2-17, Annexe C, Article C.2.

8.11 Essai de pression interne des traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse et imprégnées de gaz

8.11.1 Applicabilité

L'essai est applicable à toutes les traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse et imprégnées de gaz conformes à 3.5, 3.6 et 3.7, dont l'enveloppe isolante est en matériau céramique ou composite et destinée à être utilisée avec une pression de gaz permanente supérieure à 0,5 bar de pression relative et ayant un volume interne supérieur ou égal à 1 l (1 000 cm^3).

8.11.2 Méthode d'essai et exigences

L'essai est effectué sur l'enveloppe isolante, conformément à la CEI 61462 et à la CEI 62217 ou à la CEI 62155, le cas échéant.

L'enveloppe isolante doit être équipée de ses dispositifs de fixation et accessoires, de préférence selon l'application prévue avec, en plus, des plaques supplémentaires munies d'une valve et d'un manomètre de pression pour l'essai.

L'isolateur doit être complètement rempli de manière appropriée. La pression doit être augmentée progressivement, de façon à ne générer aucun choc.

Il est recommandé de soumettre d'autres composants aux essais suivant leurs normes respectives.

8.11.3 Acceptation

L'isolateur doit être considéré comme ayant satisfait à l'essai s'il n'y a pas de trace de fissures ni dans la céramique, ni dans le composite, ni dans les accessoires. Lorsqu'il n'y a aucune trace de ce type, l'essai est considéré comme satisfaisant même si les accessoires ont subi des contraintes au-delà de leur limite.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

8.12 Essai de pression externe des traversées partiellement ou totalement immergées dans un gaz

8.12.1 Applicabilité

L'essai est applicable à toutes les traversées immergées dans un gaz, conformes à 3.18 à 3.20, destinées à être utilisées avec une pression de gaz permanente supérieure à 0,5 bar de pression relative.

8.12.2 Méthode d'essai et exigences

L'essai doit être effectué avant l'essai d'étanchéité, conformément à 9.9. La traversée doit être montée pour l'essai dans la mesure où cela est nécessaire, mais il ne doit pas y avoir de pression de gaz interne. L'extrémité destinée à l'immersion doit être installée dans une cuve, comme pour le service normal à la température ambiante. La cuve doit être complètement remplie avec un liquide approprié. Une pression égale à trois fois la pression de service externe maximale (voir 3.31) doit être appliquée pendant 1 min.

8.12.3 Acceptation

La traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai s'il n'est constaté aucune détérioration mécanique (par exemple, déformation, rupture).

8.13 Vérification des dimensions

8.13.1 Applicabilité

La vérification est applicable à tous les types de traversées.

8.13.2 Acceptation

Les dimensions de la traversée de l'essai doivent être conformes aux plans appropriés, en particulier en ce qui concerne les dimensions auxquelles s'appliquent les tolérances spéciales et les détails influant sur l'interchangeabilité.

9 Essais individuels

L'ordre à suivre pour effectuer les essais ou la combinaison éventuelle des essais est à la discrétion du fournisseur, sauf si les essais comprennent des essais de tenue à la tension de choc qui doivent être effectués avant l'essai de tenue sous tension à fréquence industrielle à sec (voir 9.3). Avant et après la série d'essais diélectriques individuels, des mesures du facteur de dissipation diélectrique ($\tan \delta$) et de la capacité (voir 9.1) doivent être effectuées afin de vérifier si des détériorations se sont produites. La mesure de l'intensité des décharges partielles (voir 9.4) doit être effectuée avant la dernière mesure de $\tan \delta$.

9.1 Mesure du facteur de dissipation diélectrique ($\tan \delta$) et de la capacité à la température ambiante

9.1.1 Applicabilité

La mesure n'est applicable qu'aux traversées à répartition capacitive conformes à 3.14.

9.1.2 Méthode d'essai et exigences

Pendant cet essai, le conducteur de la traversée ne doit être parcouru par aucun courant. Les mesures doivent être effectuées à une température ambiante comprise entre 10 °C et 40 °C au moyen d'un pont de Schering ou par une autre méthode équivalente, au moins à:

– 1,05 $U_m / \sqrt{3}$ pour les traversées dont $U_m \leq 36$ kV;

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

– 1,05 $U_m / \sqrt{3}$ et U_m pour les traversées dont $U_m \geq 52$ kV.

Les mesures ne doivent pas être effectuées à une tension dépassant la tension de l'essai de tenue sous tension à fréquence industrielle à sec.

Une mesure de tan δ et de la capacité à une tension comprise entre 2 kV et 20 kV doit être effectuée pour obtenir une valeur de référence pour les mesures effectuées par la suite lorsque la traversée est en service.

9.1.3 Acceptation

Les valeurs maximales admissibles de tan δ et pour l'accroissement de tan δ en fonction de la tension sont données dans le Tableau 8. Si les valeurs ne sont pas acceptables, il est autorisé d'attendre 1 h avant de répéter l'essai.

La température réelle pendant les mesures doit être consignée dans le rapport d'essai.

Tableau 8 – Valeurs maximales de tan δ et de l'accroissement de tan δ (voir 9.1)

Type d'isolation de la traversée	Valeur maximale de tan δ	
	Valeur à 1,05 $U_m / \sqrt{3}$	Accroissement entre 1,05 $U_m / \sqrt{3}$ et U_m [a]
Papier imprégné d'huile	0,007	0,001
Papier imprégné de résine	0,007	0,001
Papier enduit de résine	0,015	0,004
Film imprégné de gaz	0,005	0,001
Gaz	0,005	0,001
Résine coulée ou moulée	0,015	0,004
Combinée	[b]	
Autre	[b]	

[a] Non applicable aux traversées dont $U_m \leq 36$ kV.

[b] Le fournisseur doit indiquer les valeurs.

9.2 Essai de tenue à la tension de choc de foudre à sec (BIL)

9.2.1 Applicabilité

L'essai, en tant qu'essai individuel, n'est applicable qu'aux traversées pour transformateurs dont U_m est supérieure ou égale à 245 kV.

9.2.2 Méthode d'essai et exigences

– cinq chocs de foudre pleins de polarité négative doivent être appliqués ou, par accord contractuel;

– un choc de foudre plein de polarité négative, suivi de:

– deux chocs de foudre coupés de polarité négative à 110 % de la valeur d'onde complète, suivis de:

– deux chocs de foudre pleins de polarité négative

doivent être appliqués.

Les conditions d'essai de 8.3 doivent être appliquées.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

9.2.3 Acceptation

On doit appliquer les critères de 8.3.

9.3 Essai de tenue sous tension à fréquence industrielle à sec

9.3.1 Applicabilité

L'essai est applicable à tous les types de traversées. Pour les traversées à isolation gazeuse conformes à 3.6, qui sont destinées à être utilisées comme partie intégrante d'un appareillage à isolation gazeuse dont le remplissage de gaz est commun à celui de la traversée, cet essai ne doit être effectué que comme un essai de type, à condition que l'enveloppe isolante de la traversée ait été soumise, avant montage, à un essai électrique approprié (par exemple, essai de la paroi de la porcelaine).

9.3.2 Méthode d'essai et exigences

L'essai doit être effectué ou répété après chaque essai de tenue à la tension de choc, si cela est spécifié dans la série d'essais.

La valeur de la tension d'essai est donnée dans le Tableau 4. Les traversées pour transformateurs doivent être essayées à au moins 110 % du niveau d'essai du transformateur par tension induite et/ou appliquée. Si le niveau d'essai du transformateur n'est pas indiqué, la traversée peut être essayée au niveau de l'autre traversée, donné dans le Tableau 4.

La durée de l'essai doit être de 60 s, indépendamment de la fréquence.

9.3.3 Acceptation

La traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai si aucun contournement ni aucune perforation n'est apparu(e). S'il y a perforation, la traversée doit être considérée comme ayant échoué à l'essai. Pour des traversées à répartition capacitive, il est supposé qu'une perforation s'est produite si la capacité, mesurée après l'essai, s'élève au-dessus de la capacité mesurée précédemment d'une valeur correspondant environ à la capacité d'une couche. Si un contournement apparaît, l'essai doit être répété une seule fois. Si, durant ce nouvel essai, aucun contournement ni aucune perforation n'apparaît, la traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai.

9.4 Mesure de l'intensité des décharges partielles

9.4.1 Applicabilité

La mesure doit être effectuée sur tous les types de traversées, sauf les traversées conformes à 3.6 et 3.11, pour lesquelles cet essai ne doit être effectué que comme un essai de type, à condition que l'enveloppe isolante de la traversée ait été soumise, avant montage, à un essai électrique approprié (par exemple, essai de la paroi de la porcelaine).

9.4.2 Méthode d'essai et exigences

L'essai doit être effectué conformément à la CEI 60270.

Lorsque la mesure des décharges partielles est remplacée par une mesure de la tension de perturbation radioélectrique, exprimée en microvolts, effectuée à l'aide de mesureurs de perturbations radioélectriques, la méthode d'étalonnage à utiliser est celle qui est indiquée dans la CEI 60270.

Sauf indication contraire, les éléments du circuit d'essai doivent être choisis de telle sorte que le bruit de fond et la sensibilité du circuit de mesure permettent de détecter la plus élevée des grandeurs suivantes: une décharge partielle de 5 pC ou 20 % de l'intensité de décharge admissible spécifiée.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Les mesures doivent être effectuées après l'essai de tenue sous tension à fréquence industrielle à sec (voir 9.3) aux valeurs données dans le Tableau 4 pendant la diminution de la tension depuis le niveau de la tension d'essai à fréquence industrielle à sec; en fonction des moyens d'essais, le niveau de tension peut être réduit à 2 $U_m/\sqrt{3}$ par accord entre le fabricant et l'acheteur.

9.4.3 Acceptation

Les valeurs maximales admissibles de l'intensité des décharges partielles en fonction du type de traversée après le dernier essai diélectrique, doivent être celles données dans le Tableau 9.

Si les valeurs mesurées à 1,5 $U_m/\sqrt{3}$ sont supérieures à celles indiquées dans le Tableau 9, le fournisseur peut étendre l'essai pour une période allant jusqu'à 1 h pour vérifier si les valeurs correspondent aux limites autorisées. Si les décharges partielles à la fin de la période d'essai sont dans les limites, la traversée doit alors être acceptée.

Il peut être demandé de mesurer l'intensité des décharges partielles avant les essais diélectriques uniquement à titre informatif; ces mesures ne font donc pas l'objet d'une garantie.

Tableau 9 – Valeurs maximales de l'intensité des décharges partielles (voir 8.2 et 9.4)

Type d'isolation de la traversée	Intensité maximale des décharges partielles pC mesurée à		
	U_m [a]	1,5 U_m / $\sqrt{3}$ [b]	1,05 $U_m/\sqrt{3}$ et 1,1 $U_m/\sqrt{3}$ [e]
Papier imprégné d'huile	10	10	5
Papier imprégné de résine	10	10	5
Papier enduit de résine [c]	–	250	100
– avec couches métalliques	[d]	[d]	300[c]
Film imprégné de gaz	10	10	5
Gaz	–	10	5
Résine coulée ou moulée	–	10	5
Combinée		[d]	
Autre		[d]	

[a] Applicable uniquement aux traversées pour transformateurs.

[b] Dans le cas de traversées pour appareillages, les intensités des décharges peuvent être mesurées à une tension plus faible, selon un accord entre l'acheteur et le fournisseur.

[c] Pour les traversées en papier enduit de résine utilisées dans les transformateurs de puissance, des intensités de décharge plus faibles peuvent faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur.

[d] Les valeurs maximales admissibles de l'intensité des décharges doivent faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur.

[e] La valeur à 1,1 $U_m/\sqrt{3}$ fait référence à 8.2 uniquement.

9.5 Essai d'isolation des prises

9.5.1 Applicabilité et exigences d'essai

L'essai suivant de tenue sous tension à fréquence industrielle par rapport à la terre doit être appliqué à toutes les prises:

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

– prise d'essai (voir 3.37): au moins 2 kV;
– prise de tension (voir 3.38): deux fois la tension assignée de la prise de tension, mais au moins 2 kV.

La durée de l'essai est de 60 s, indépendamment de la fréquence.

Après l'essai, $\tan \delta$ et la capacité par rapport à la terre doivent être mesurés à 1 kV au moins.

9.5.2 Acceptation

La prise doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai s'il ne se produit ni contournement ni perforation.

Pour les prises d'essai, les valeurs de $\tan \delta$ et de la capacité doivent être conformes à 4.10.

9.6 Essai de pression interne des traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse et imprégnées de gaz

9.6.1 Applicabilité

L'essai est applicable à toutes les traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse et imprégnées de gaz conformes à 3.5, 3.6 et 3.7.

9.6.2 Méthode d'essai et exigences

La traversée, complètement équipée comme dans ses conditions de service normal, doit être remplie de gaz au choix du fournisseur. Une pression de (1,5 × pression maximale de service) bar ± 0,1 bar doit être produite à l'intérieur de la traversée et être maintenue pendant 15 min à la température ambiante.

Dans le cas de traversées avec enveloppe isolante en céramique ou en matériel composite prévues pour être utilisées sous pression, l'enveloppe isolante non montée doit être préalablement essayée conformément à la CEI 62155 ou à la CEI 61462 et à la CEI 62217, le cas échéant. Il est recommandé d'essayer d'autres composants suivant leurs normes respectives.

9.6.3 Acceptation

La traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai s'il n'est constaté aucune détérioration mécanique (par exemple, déformation, rupture).

9.7 Essai d'étanchéité sur des traversées à remplissage de liquide, à remplissage de mélange et à isolation liquide

9.7.1 Applicabilité

L'essai est applicable à toutes les traversées à remplissage de liquide, à remplissage de mélange et à isolation liquide conformes à 3.2 et 3.4, sauf aux traversées dont le liquide de remplissage a une viscosité supérieure ou égale à 5×10^{-4} m^2/s à 20 °C.

9.7.2 Méthode d'essai et exigences

La traversée doit être montée comme pour le service normal, remplie du liquide spécifié à une température ambiante non inférieure à 10 °C, à l'exception des traversées pour transformateurs, qui doivent être remplies avec un liquide d'une température minimale de 60 °C. Une pression de 1 bar ± 0,1 bar au-dessus de la pression maximale de service doit être appliquée à l'intérieur de la traversée aussitôt après le remplissage et maintenue pendant au moins 12 h.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Dans le cas de traversées à soufflet interne, la pression doit être spécifiée par le fournisseur.

9.7.3 Acceptation

La traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai si aucune fuite n'est constatée. La méthode de détection doit être celle de la CEI 60068-2-17, Annexe C, Article C.2.

Il est recommandé d'effectuer un essai d'étanchéité préliminaire sur les composants pour lesquels un tel essai est considéré comme utile. Il peut être nécessaire de prêter une attention particulière aux traversées dont une extrémité ou les deux sont destinées à être immergées dans un milieu gazeux.

9.8 Essai d'étanchéité des traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse et imprégnées de gaz

9.8.1 Applicabilité

L'essai est applicable à toutes les traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse et imprégnées de gaz conformément à 3.5 à 3.7 et à 3.18 à 3.20.

Dans le cas des traversées à isolation gazeuse destinées à être utilisées comme partie intégrante d'un appareil à isolation gazeuse et dont le montage est destiné à être réalisé sur place, il est admis de remplacer l'essai d'étanchéité sur la traversée montée par un essai d'étanchéité sur chaque composant, complété par un essai d'étanchéité sur chaque élément d'étanchéité. La méthode à appliquer à l'élément d'étanchéité doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur.

9.8.2 Méthode d'essai et exigences

La traversée doit être montée comme dans ses conditions de service normal et remplie de gaz à la pression maximale de service à la température ambiante. La traversée doit être protégée par une enveloppe, par exemple un sac en plastique. La concentration de gaz dans l'air à l'intérieur de l'enveloppe doit être mesurée deux fois, à un intervalle supérieur ou égal à 2 h.

D'autres méthodes de détection de fuites peuvent être utilisées après accord préalable entre l'acheteur et le fournisseur.

Il est conseillé de réaliser un essai d'étanchéité préliminaire sur ces composants, pour lesquels un tel essai est considéré comme utile.

9.8.3 Acceptation

La traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai si la fuite de gaz calculée est inférieure ou égale à 0,5 % par an de l'équivalent de quantité de gaz contenue dans la traversée en service.

9.9 Essai d'étanchéité de la bride ou autre dispositif de fixation

9.9.1 Applicabilité

L'essai est applicable à toutes les traversées partiellement ou totalement immergées conformément à 3.18 à 3.20 destinées à être utilisées comme partie intégrante d'un matériel, tel que l'appareillage ou les transformateurs, où les traversées contribuent à l'étanchéité de l'appareil entier.

Cet essai ne doit être effectué que comme un essai de type dans le cas de traversées ayant des joints dont la mise en position finale n'est pas effectuée par le fournisseur, par exemple le

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

joint du capuchon supérieur des traversées pour transformateurs où le conducteur est introduit dans le tube central.

Cet essai peut être omis dans le cas de traversées pour transformateurs munies d'une bride métallique en une seule pièce, à condition que la bride ait été soumise à un essai d'étanchéité préliminaire et que la traversée ait satisfait à l'essai de type conformément à 8.10 (par exemple, traversées en papier imprégné d'huile) ou à l'essai individuel, conformément à 9.7, ou si l'extrémité destinée à être immergée n'est munie d'aucun joint.

9.9.2 Méthode d'essai et exigences

La traversée doit être montée autant que cela est nécessaire pour l'essai. L'extrémité destinée à être immergée doit être montée sur une cuve comme pour le service normal à température ambiante.

Dans le cas de traversées immergées dans l'huile, la cuve doit être remplie avec de l'air ou un autre gaz approprié à une pression relative de 1,5 bar ± 0,1 bar et maintenue pendant 15 min, ou avec de l'huile à une pression relative de 1 bar ± 0,1 bar maintenue pendant 12 h.

Pour les traversées immergées dans un gaz, la cuve doit être remplie de gaz à la pression de service maximale à la température ambiante. La partie extérieure de la traversée doit être protégée par une enveloppe lorsque cela est nécessaire. Les traversées contenant du liquide doivent rester vides et être munies d'une ouverture pour la libre circulation du gaz dans l'enveloppe. La concentration de gaz dans l'air à l'intérieur de l'enveloppe doit être mesurée deux fois, à un intervalle supérieur ou égal à 2 h.

9.9.3 Acceptation

Une traversée immergée dans l'huile doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai s'il n'y a aucune trace de fuite détectée par examen visuel (voir la CEI 60068-2-17, Annexe C, Article C.2).

Les traversées immergées dans un gaz doivent être considérées comme ayant satisfait à l'essai si:

– pour tous les composants de la traversée où le gaz de fuite se propage directement dans l'environnement, la fuite totale de gaz calculée est inférieure ou égale à 0,5 % par an de la quantité de gaz contenue dans le compartiment d'appareillage adjacent;

– pour tous les composants de la traversée contenant du liquide, en particulier pour les traversées à isolation liquide et en papier imprégné d'huile, où le gaz de fuite pénètre à l'intérieur de la traversée, le taux de fuite total calculé (voir 3.33) est inférieur ou égal à 0,05 Pa $\times$ cm^3/s $\times$ l (5×10^{-7} bar $\times$ cm^3/s $\times$ l), «l» étant la quantité de liquide à l'intérieur de la traversée, en litres;

– pour tous les composants de la traversée dont l'une des extrémités est destinée à un transformateur où le gaz de fuite pénètre directement dans le transformateur, le taux de fuite total calculé (voir 3.33) est inférieur ou égal à 10 Pa $\times$ cm^3/s (10^{-4} bar $\times$ cm^3/s).

9.10 Examen visuel et vérification des dimensions

9.10.1 Applicabilité

L'examen visuel est applicable à tous les types de traversées et doit être effectué sur la totalité des traversées avant livraison. Il doit être effectué sur chaque traversée.

9.10.2 Acceptation

Il ne doit être toléré aucun défaut de surface susceptible d'entraver le fonctionnement correct durant le service.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Les dimensions des composants destinés au montage et/ou à l'interconnexion doivent être conformes aux plans appropriés, vérifiés par échantillonnage.

10 Exigences et essais des traversées de tensions les plus élevées pour le matériel inférieures ou égales à 52 kV constituées de céramique, de verre ou de matériaux inorganiques, de résine ou d'isolation combinée

Cet article s'applique à toutes les traversées dont l'isolation principale est assurée par de la céramique, du verre ou autres matériaux inorganiques analogues, de la résine coulée ou moulée, ou une isolation combinée, conformément aux définitions de 3.11 à 3.13.

10.1 Exigences relatives à la température

Les traversées pouvant être amenées à supporter le processus de séchage de l'appareillage sur lequel elles sont montées doivent être capables de supporter une température de 140 °C pendant 12 h sans subir de dommages mécaniques ou électriques, à condition qu'aucune contrainte mécanique extérieure ne soit appliquée.

10.2 Niveau du milieu d'immersion

Dans le cas des traversées pour transformateurs, le fournisseur doit spécifier la profondeur minimale du milieu d'immersion.

10.3 Marques d'identification

Chaque traversée doit comporter les marques d'identification suivantes:

- le nom ou la marque du fournisseur;
- l'année de fabrication;
- le type ou la ligne de fuite minimale nominale ou la tension la plus élevée pour le matériel (U_m);
- le courant assigné (I_r) ou le courant maximal si la traversée est fournie sans conducteur.

NOTE Il peut être parfois difficile d'indiquer toutes les marques ci-dessus sur les petites traversées et, dans ce cas, d'autres marques peuvent faire l'objet d'un accord entre le fournisseur et l'acheteur.

Un exemple de plaque d'identification est donné à la Figure 4.

10.4 Exigences d'essais

Les conditions et les exigences d'essais doivent être conformes aux Articles 7, 8 et 9. Les références au paragraphe approprié sont données entre parenthèses, si applicable.

10.4.1 Essais de type

Les essais suivants sont applicables à toutes les traversées:

- essai de tenue sous tension à fréquence industrielle à sec ou sous pluie (8.1);
- essai de tenue à la tension de choc de foudre à sec (8.3);
- essai d'échauffement (8.7);
- vérification de la tenue au courant thermique de courte durée (8.8);
- essai de tenue à la flexion (8.9);
- vérification des dimensions (8.13).

Pour les traversées conformes à 3.21, les valeurs d'essai de tenue à la flexion sont réduites.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Pour ces traversées, des précautions doivent être prises pour s'assurer que l'extrémité destinée à recevoir la partie mobile sera en mesure de résister à la tension d'essai considérée, le cas échéant.

Tableau 10 – Applicabilité des essais de type pour les traversées conformes à l'Article 10 (voir 10.4.1)

Titre abrégé	Applicabilité au type de traversée	Traversée définie au paragraphe
CA à sec	D'intérieur, immergées d'extérieur et complètement immergées	3.11
CA sous pluie	Toutes, d'extérieur	3.11 à 3.13
Foudre	Toutes	3.11 à 3.13, 3.21
Echauffement	Toutes	Idem
Thermique de courte durée	Toutes, si la température calculée est trop élevée	Idem
Flexion	Toutes (exigence réduite pour le type défini en 3.21)	Idem
Dimensions	Toutes	Idem

10.4.2 Essais individuels

Les essais suivants sont applicables à toutes les traversées, sauf aux traversées en céramique et en verre (3.11), pour lesquelles seul l'examen visuel et les vérifications des dimensions sont applicables:

- essai de tenue sous tension à fréquence industrielle à sec (9.3);
- mesure de l'intensité des décharges partielles (9.4);
- essai de l'isolement des prises (9.5), si celui-ci est applicable;
- examen visuel et vérification des dimensions (9.10).

Les Tableaux 10 et 11 indiquent l'applicabilité des essais aux différents types de traversées.

Tableau 11 – Applicabilité des essais individuels pour les traversées conformes à l'Article 10 (voir 10.4.2)

Titre abrégé	Applicabilité au type de traversée	Traversée définie au paragraphe
CA à sec	Toutes, sauf celles en céramique et en verre, définies en 3.11	3.12, 3.13, 3.21
Décharge partielle	Idem	Idem
Prise	Idem, avec une prise	Idem
Examen visuel et dimensions	Toutes	3.11 à 3.13, 3.21

11 Recommandations pour le transport, le stockage, le montage, l'exploitation et la maintenance

Il est impératif que le transport, le stockage et l'installation des traversées, ainsi que leur exploitation et leur maintenance en service, soient effectués en conformité avec les instructions données par le fabricant.

C'est pourquoi il convient que le fabricant fournisse des instructions pour le transport, le stockage, l'installation, l'exploitation et la maintenance des traversées. Il convient que les instructions concernant le transport et le stockage soient données à un moment opportun avant la livraison, et que les instructions concernant l'installation, l'exploitation et la maintenance soient données au plus tard au moment de la livraison.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Il est impossible, ici, de couvrir en détail la totalité des règles pour l'installation, la manœuvre et la maintenance de chacun des différents types d'appareils fabriqués, mais les renseignements donnés ci-après concernent les points les plus importants à observer dans les instructions fournies par le fabricant.

11.1 Conditions applicables au transport, au stockage et à l'installation

Il convient de prévoir un accord spécial entre le fabricant et l'utilisateur si les conditions de service définies dans la commande ne peuvent pas être garanties au cours du transport et du stockage. Il peut être nécessaire de prendre des précautions spéciales pour la protection de l'isolation pendant le transport, le stockage et l'installation, et avant la mise sous tension, en vue d'éviter l'absorption d'humidité due par exemple à la pluie, à la neige ou à la condensation. Il convient de prendre en compte les vibrations pendant le transport. Il convient de fournir des instructions appropriées.

Il convient que les traversées imprégnées de gaz et à isolation gazeuse soient remplies à une pression suffisante pour maintenir une pression positive au cours du transport. Une pression de remplissage en usine de $1{,}3 \times 10^5$ Pa à 20 °C est appropriée pour toutes les catégories de températures. Si de l'hexafluorure de soufre est utilisé pour le remplissage de la traversée au cours du transport, il convient qu'il soit conforme à la CEI 60376.

11.2 Installation

Pour chaque type de traversée, il convient que les instructions fournies par le fabricant comprennent au moins les éléments cités ci-après.

11.3 Déballage et levage

Il convient que les informations nécessaires soient fournies pour procéder au déballage et au levage en toute sécurité, et qu'elles incluent des indications détaillées sur les dispositifs de levage et de positionnement spéciaux à employer.

Lors de l'arrivée sur le site et avant le remplissage final, il convient de contrôler la traversée, conformément aux instructions du fabricant. Pour les traversées imprégnées de gaz et à isolation gazeuse, il convient que la pression du gaz mesurée à la température ambiante soit au-dessus de la pression atmosphérique.

11.4 Assemblage

Lorsque la traversée n'est pas entièrement assemblée pour le transport, il convient que toutes les unités de transport soient clairement identifiées. Il convient que des dessins illustrant l'assemblage de ces éléments soient fournis avec la traversée.

11.4.1 Montage

Il convient que les instructions relatives au montage des traversées indiquent:

- la masse totale de la traversée;
- la masse de la traversée (ou la partie la plus lourde si elle doit être assemblée sur place), si elle est supérieure à 100 kg;
- le centre de gravité.

Il convient que les traversées imprégnées de gaz et à isolation gazeuse soient remplies du gaz spécifié, par exemple de l'hexafluorure de soufre neuf conforme à la CEI 60376. Il convient que la pression du gaz à la fin du remplissage, aux conditions atmosphériques normalisées (20 °C et 101,3 kPa), soit la pression assignée de remplissage.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

11.4.2 Connexions

Il convient que les instructions comprennent des renseignements sur:

- le branchement des conducteurs, en donnant les conseils nécessaires pour éviter la surchauffe et les contraintes inutiles sur la traversée et en indiquant les distances de dégagement appropriées;
- le raccordement de tous les circuits auxiliaires;
- la connexion des systèmes de liquide ou de gaz, le cas échéant, en indiquant la dimension et la disposition des canalisations;
- le raccordement à la terre.

11.4.3 Inspection finale de l'installation

Il convient que des instructions soient fournies quant à l'inspection et aux essais qu'il convient de conduire après que la traversée a été installée et que toutes les connexions ont été effectuées.

Il convient que ces instructions comprennent:

- un programme des essais sur site recommandés pour s'assurer du bon état de fonctionnement;
- les modes opératoires à appliquer pour effectuer les réglages éventuels pouvant être nécessaires pour obtenir un fonctionnement correct;
- des recommandations sur les mesures qu'il convient d'effectuer et d'enregistrer pour planifier les tâches de maintenance;
- des instructions sur l'inspection finale et la mise en service.

Il convient que les résultats des essais et de l'examen soient enregistrés dans un rapport relatif aux essais.

Il convient de soumettre les traversées imprégnées de gaz et à isolation gazeuse à la vérification finale suivante:

– Mesure de la pression du gaz - Il convient que la pression du gaz mesurée à la fin du remplissage et les conditions atmosphériques normalisées (20 °C et 101,3 kPa) ne soient pas inférieures à la pression de service minimale et pas supérieures à la pression assignée de remplissage du gaz isolant.

– Mesure du point de rosée - Il convient que la mesure du point de rosée du gaz à la pression assignée de remplissage ne dépasse pas – 5 °C lorsqu'il est mesuré à 20 °C. Il est recommandé que des corrections adéquates soient appliquées pour la mesure aux autres températures.

– Vérification de l'étanchéité de l'enveloppe – Il convient que la vérification soit effectuée à l'aide de la méthode de vérification pour les systèmes à pression autonome, tel que spécifié pour l'essai individuel de série (voir 9.8). Il convient de débuter la vérification au moins une heure après le remplissage de la traversée, afin d'atteindre une stabilisation du débit de fuite. La vérification peut être limitée aux joints, aux dispositifs à surpression, aux soupapes, aux bornes, aux manomètres, aux capteurs de température, en utilisant un détecteur de fuites approprié.

11.5 Fonctionnement

Il convient que les instructions données par le fabricant contiennent les informations suivantes:

- une description générale de l'équipement avec une attention particulière à la description technique de ses caractéristiques et de l'ensemble de ses fonctionnalités, de façon à ce que l'utilisateur ait une compréhension globale des principes de base appliqués;

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

- une description des fonctions de protection de l'équipement et de leur fonctionnement;
- le cas échéant, une description des mesures à prendre pour manipuler l'équipement à des fins de maintenance et d'essai.

11.6 Maintenance

11.6.1 Généralités

L'efficacité de la maintenance dépend essentiellement de la manière dont les instructions sont préparées par le fabricant et appliquées par l'utilisateur.

11.6.2 Recommandations au fabricant

a) Il est recommandé au fabricant de fournir un manuel de maintenance comprenant les renseignements suivants:

   1) fréquence des interventions de maintenance;
   2) description détaillée des travaux de maintenance;
      – emplacement recommandé pour les travaux de maintenance (intérieur, extérieur, en usine, sur site,…);
      – modes opératoires à appliquer pour l'inspection générale, les essais de diagnostic, l'inspection détaillée, la révision, le contrôle des fonctions (par exemple, valeurs limites et tolérances);
      – renvoi aux plans et dessins;
      – référence aux numéros de pièces (le cas échéant);
      – utilisation d'équipements ou d'outils spéciaux (agents de nettoyage et de dégraissage);
      – précautions à observer (par exemple, propreté).
   3) dessins détaillés des éléments de la traversée importants pour la maintenance, avec une identification claire des assemblages, des sous-ensembles et des parties significatives (numéros des ensembles et description);

NOTE Des dessins agrandis des détails qui indiquent la position relative des composants dans les ensembles et sous-ensembles sont une méthode d'illustration recommandée.

   4) liste des pièces de rechange recommandées (description, numéro de référence, quantité) et conseils pour le stockage;
   5) estimation de la durée d'intervention pour la maintenance;
   6) comment traiter l'équipement à la fin de son cycle de vie en tenant compte des exigences relatives à la protection de l'environnement.

b) Il convient que le fabricant informe les utilisateurs sur les particularités de la traversée et sur les actions correctives nécessaires en cas de défauts ou pannes systématiques.

c) Disponibilité des pièces de rechange: il convient que le fabricant s'engage à assurer la disponibilité permanente des pièces de rechange recommandées nécessaires aux travaux de maintenance pour une période d'au moins 10 ans à compter de la date de fabrication finale de la traversée.

11.6.3 Recommandations à l'utilisateur

a) Si l'utilisateur souhaite effectuer sa propre maintenance, il convient qu'il s'assure que son personnel est suffisamment qualifié et qu'il a une connaissance approfondie de la traversée.

b) Il convient que l'utilisateur enregistre les informations suivantes:
   – le numéro de série et le type de la traversée;
   – la date de mise en service de la traversée;
   – les résultats de l'ensemble des mesures et des essais, y compris des essais de diagnostic, effectués au cours de la durée de vie de la traversée;

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

- les dates et l'ampleur des travaux de maintenance conduits;
- l'historique d'exploitation et des enregistrements des mesures de la traversée pendant et après une condition de service spéciale (par exemple, état de fonctionnement avant et après une panne);
- des renvois à un compte-rendu de panne éventuel.

c) En cas de panne ou de défaillance, il convient que l'utilisateur établisse un compte-rendu de panne et informe le fabricant en indiquant les circonstances spéciales et les mesures prises. Selon la nature de la défaillance, il convient d'en effectuer une analyse en collaboration avec le fabricant.

d) En cas de démontage pour une réinstallation à l'avenir, l'utilisateur doit enregistrer la durée et les conditions de stockage.

11.6.4 Compte-rendu de panne

Le compte-rendu de panne a pour objet de normaliser l'enregistrement des pannes de la traversée aux fins suivantes:

- décrire la panne en employant une terminologie courante;
- fournir des informations pour les statistiques de l'utilisateur;
- transmettre des informations en retour significatives au fabricant.

On trouvera ci-après des indications utiles pour l'établissement d'un compte-rendu de panne.

Il convient que le compte-rendu de panne inclut les informations suivantes lorsqu'elles sont disponibles:

a) Une identification de la traversée en défaut:
- nom de la sous-station;
- identification de la traversée (fabricant, type, numéro de série, caractéristiques assignées);
- famille de la traversée (isolement par huile, résine ou SF6);
- emplacement (intérieur, extérieur).
b) Historique de la traversée:
- historique du stockage;
- date de la mise en service du matériel;
- date de la panne/défaillance;
- date de la dernière intervention de maintenance;
- date du dernier contrôle visuel de l'indicateur de niveau d'huile;
- détails des modifications apportées à l'équipement depuis sa date de fabrication;
- situation de la traversée au moment de la découverte de la défaillance / du défaut (en service, en maintenance, etc).
c) Identification du sous-ensemble/composant responsable de la défaillance / du défaut primaire:
- composants soumis à des tensions élevées;
- prises;
- autres composants.
d) Contraintes supposées contribuer à la défaillance / au défaut
- conditions d'environnement (température, vent, neige, glace, pollution, foudre, etc);
- conditions du réseau (opérations de manœuvre, défaillance d'autres matériels…);
- autres.
e) Classification de la défaillance / du défaut
- panne majeure;
- panne mineure;
- défaut.
f) Origine et cause de la défaillance / du défaut
- origine (mécanique, électrique, étanchéité, etc);
- cause d'après la personne ayant établi le rapport (conception, fabrication, instructions incorrectes, montage défectueux, maintenance incorrecte, contraintes hors spécifications, etc.).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

g) Conséquences de la défaillance ou du défaut
- temps d'indisponibilité de l'équipement;
- dépense de temps pour la réparation;
- frais de main-d'œuvre;
- frais de pièces de rechange.

Le compte-rendu de panne peut inclure les informations suivantes:

– dessins, croquis;
– photographies des composants défectueux;
– schéma unifilaire de la station;
– registres ou relevés;
– renvois au manuel de maintenance.

12 Sécurité

L'appareil à haute tension ne peut être sûr que s'il est installé selon les règles d'installation applicables, et utilisé et entretenu selon les instructions du fabricant.

L'appareil à haute tension n'est normalement accessible qu'à des personnes averties. Il convient que son exploitation et sa maintenance soient conduites par des personnes qualifiées et compétentes. Lorsque l'approche des traversées n'est pas limitée, des mesures de sécurité complémentaires peuvent être nécessaires.

Les spécifications suivantes de la présente norme donnent, pour l'équipement, des mesures de sécurité des personnes contre divers risques:

12.1 Aspects électriques

– isolement de la distance de sectionnement
– mise à la terre (contact indirect)
– code IP (contact direct)

12.2 Aspects mécaniques

– composants soumis à la pression
– protection contre les chocs mécaniques

12.3 Aspects thermiques

– inflammabilité

13 Aspects liés à l'environnement

La nécessité de réduire l'impact sur l'environnement naturel des traversées au cours de toutes les phases de leur vie est à présent reconnue.

Le Guide CEI 109 donne des lignes directrices à cet égard en termes d'impacts sur le cycle de vie et de recyclage et de mise au rebut en fin de vie.

Il convient que le fabricant spécifie les informations concernant la relation entre le fonctionnement au cours de la vie en service, le démontage de l'appareil et les aspects environnementaux.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Bibliographie

CEI 60050(421), *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 421: Transformateurs de puissance et bobines d'inductance*

CEI 60050(471), *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 471: Isolateurs*

CEI 60050(604), *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 604: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Exploitation*

CEI 60076-1, *Transformateurs de puissance – Partie 1: Généralités*

CEI 60076-2, *Transformateurs de puissance – Partie 2: Echauffement*

CEI 60076-3:2000, *Transformateurs de puissance – Partie 3: Niveaux d'isolement, essais diélectriques et distances d'isolement dans l'air*

CEI 60296, *Fluides pour applications électrotechniques – Huiles minérales isolantes neuves pour transformateurs et appareillages de connexion*

CEI 60507, *Essais sous pollution artificielle des isolateurs pour haute tension destinés aux réseaux à courant alternatif*

CEI 60517, *Appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tensions assignées supérieures ou égales à 72,5 kV*

CEI 60694, *Spécifications communes aux normes de l'appareillage à haute tension*

CEI 60836, *Spécifications pour liquides silicones pour usages électriques*

CEI 60867, Isolants liquides: *Spécifications pour liquides neufs à base d'hydrocarbures aromatiques de synthèse*

CEI 60943:1998, *Guide concernant l'échauffement admissible des parties des matériels électriques, en particulier les bornes de raccordement*

CEI 61464, *Traversées isolées – Guide d'interprétation de l'analyse des gaz dissous (AGD) dans les traversées où l'huile est l'imprégnant de l'isolation principale (papier généralement)*

CEI 61639, *Raccordements directs entre transformateurs de puissance et appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tension assignée supérieure ou égale à 72,5 kV*

CEI 62271-203:2003, *Appareillage à haute tension – Partie 203: Appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tensions assignées supérieures à 52 kV*

_____

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale